PHILIPS



CURSUS BEDRIJFSELEKTRONICA

Elektriciteitsleer

Leerlingboek AS 7

Philips Nederland B.V. - Afd. Onderwijsactiviteiten

Tweede, herziene druk 1976

Vijfde druk 1979

161210.7

PHILIPS



CURSUS BEDRIJFSELEKTRONICA

Elektriciteitsleer

Leerlingboek AS 7

Philips Nederland B.V. - Afd. Onderwijsactiviteiten

OVER DEZE SCANS
Als basis voor deze scans hebben wij gebruik gemaakt van de door 'Freeservicemanuals' in 2018 gemaakte scans. Wij hebben de pagina's van deze scans echter zorgvuldig naar de originele staat gerestaureerd, onder andere door alle persoonlijke notities en de antwoorden op alle oefeningen en vragen te verwijderen.

Tweede, herziene druk 1976

Vijfde druk 1979

161210.7

INHOUDSOPGAVE

AS 7 A60 Herhaling 7 A.
A61 Herhaling 7 B.
A62 Herhaling 7 C.
A63 Herhaling 7 D.



b

A 60 HERHALING 7A

We zijn aan het eind gekomen van het deel A van de cursus *bedrijfselektronica*. We hebben een basis gelegd voor de eigenlijke elektronica, waarop we in de delen B, C en D verder kunnen gaan bouwen.
Voorwaarde is dan wel dat u het deel A grondig beheerst. Het spreekt vanzelf dat we door middel van een test na zullen gaan of uw kennis en vaardigheid voldoende is. Alvorens deze test af te nemen gaan we het gehele A-deel nog eens goed herhalen. Hiervoor zijn vier lessen uitgetrokken.

Enkele tips:

- Werk deze en de volgende herhalingslessen met grote aandacht door.
- Maak gebruik van de geheugensteunen, die aan deze les zijn toegevoegd.
- Komt u dingen tegen die u niet goed begrijpt, zoek dan in de voorafgaande lessen de plaats op waar dit behandeld werd en bestudeer de stof nogmaals.
- Vraag ook zoveel mogelijk nadere verklaringen aan uw leraar.

DE WET VAN OHM

Bij de behandeling van het deel A van de cursus hebben we gemerkt dat we telkens te maken kregen met de wet van Ohm. Honderden keren hebt u deze wet toegepast. We geven hem nog eens in formule:

$$U = R.I$$

U: spanning, V
R: weerstand, Ω
I: stroom, A.

Hier is de wet van Ohm opgeschreven voor gelijkspanning en -stroom. Hij geldt echter ook voor de momentele waarden van wisselspanning en -stroom.

$$u = R.i$$

De wet geldt niet alleen voor weerstanden, maar even goed voor reactanties en impedanties. We kunnen dus ook schrijven:

$$u = X.i$$

en

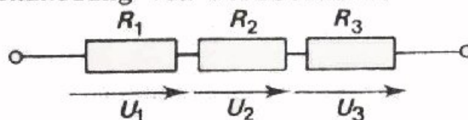
$$u = Z.i$$

X: reactantie = wisselstroomweerstand van een condensator of spoel

Z: impedantie = wisselstroomweerstand van een combinatie van R's, C's en L's.

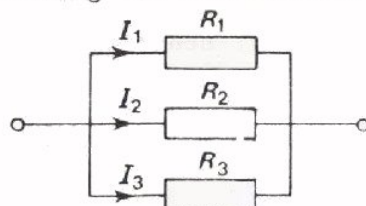
Het hoofdonderwerp in deze les is de "wet van Ohm" en zijn gevolgen.

- Uit de wet van Ohm volgt hoe de spanning zich verdeelt over een serieschakeling van weerstanden.



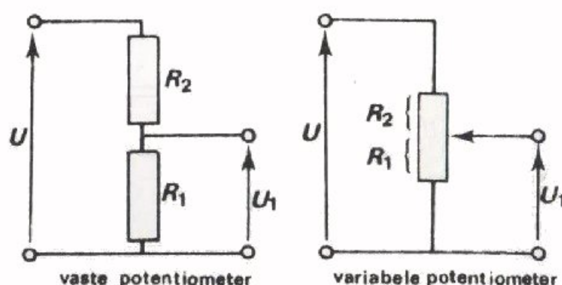
$$U_1 : U_2 : U_3 = R_1 : R_2 : R_3$$

- Uit de wet van Ohm volgt hoe de stroom zich verdeelt bij een parallelschakeling van weerstanden.



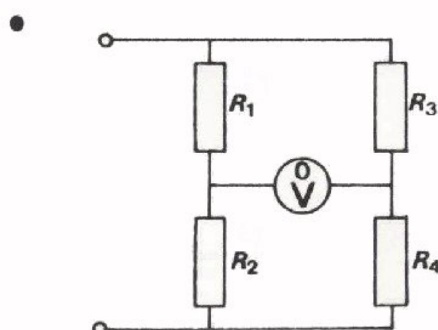
$$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$$

● Een veel voorkomende spanningsdeling treft men aan bij de potentiometer.



$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$$

●



Uit een combinatie van twee potentiometers ontstaat een brug van Wheatstone. Er is evenwicht als:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

● Het bovenstaande geldt evenzo voor wisselstromen en -spanningen.

● Tenslotte is het van belang op te merken dat een elektrische stroom een weerstand verwarmt.

- Het vermogen is: $P = U.I$ of $P = U_{eff}.I_{eff}$

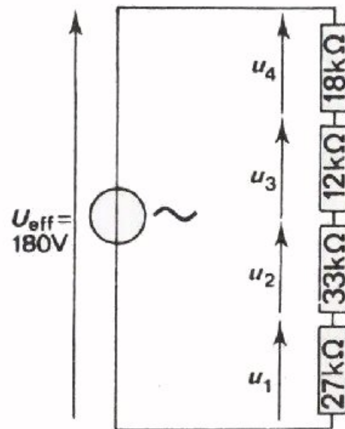
- De geproduceerde hoeveelheid warmte per seconde is:

$P = 0,24\ U.I$ (cal) of $P = 0,24\ U_{eff} \cdot I_{eff}$ (cal)

TEST UZELF

Bereken in volgende schakelingen de deelspanningen.

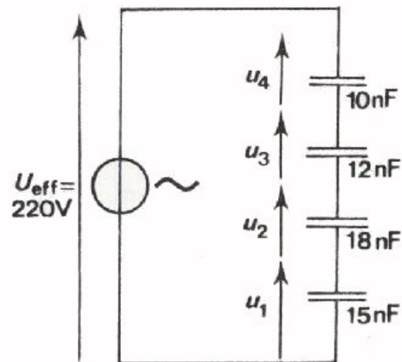
1.



$U_{1(eff)}$ = ______ $U_{2(eff)}$ = ______

$U_{3(eff)}$ = ______ $U_{4(eff)}$ = ______

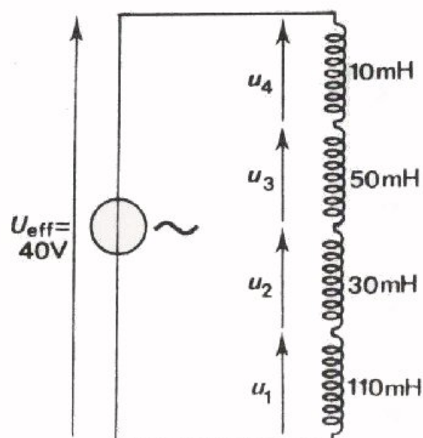
2.



$U_{1(eff)}$ = ______ $U_{2(eff)}$ = ______

$U_{3(eff)}$ = ______ $U_{4(eff)}$ = ______

3.



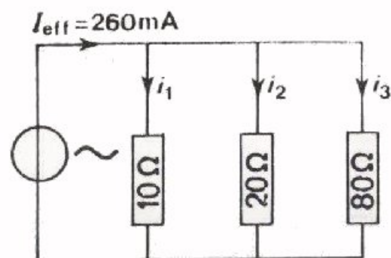
$U_{1(eff)}$ = ______ $U_{2(eff)}$ = ______

$U_{3(eff)}$ = ______ $U_{4(eff)}$ = ______

TEST UZELF

Bereken in volgende schakelingen de deelstromen.

1.

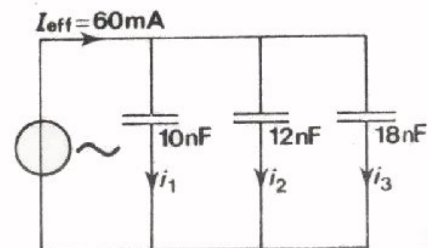


$I_{1\,(eff)}$ =

$I_{2\,(eff)}$ =

$I_{3\,(eff)}$ =

2.

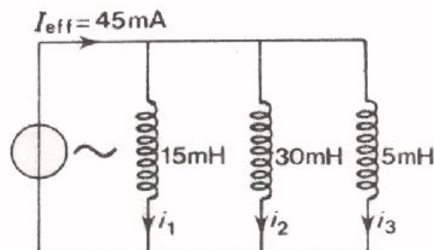


$I_{1\,(eff)}$ =

$I_{2\,(eff)}$ =

$I_{3\,(eff)}$ =

3.



$I_{1\,(eff)}$ =

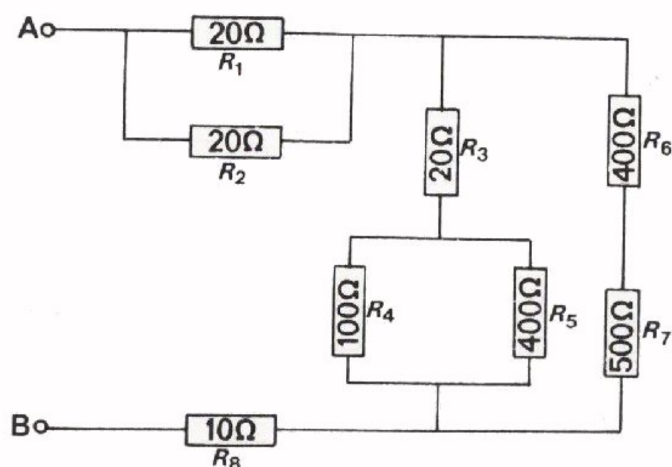
$I_{2\,(eff)}$ =

$I_{3\,(eff)}$ =

GEMENGDE SCHAKELING VAN WEERSTANDEN

We geven hieronder een vrij ingewikkelde schakeling van weerstanden.

Bepaal op een afzonderlijk stuk papier de vervangingsweerstand R_v van deze schakeling.



R_v =

Als we nu tussen de punten A en B een gelijkspanning aansluiten van 220 V, hoe groot is dan de spanning over de weerstand R_8?

U_{R_8} =

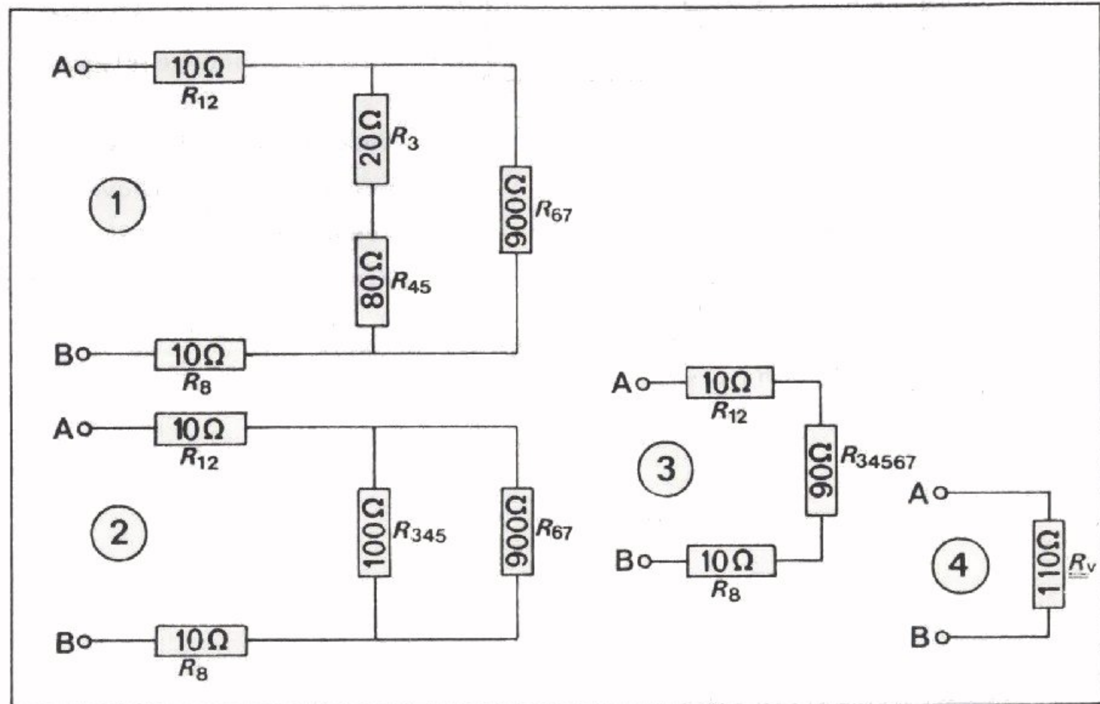
Hoe groot is in dat geval de stroom door de weerstand R_3?

I_{R_3} =

OPLOSSING

Hopelijk bent u eruit gekomen. Hieronder volgt de oplossing van het vorige vraagstuk. Bestudeer deze oplossing goed, want misschien kunt u nog iets leren over de handigheid van aanpak.

We vereenvoudigen het schema in een aantal stappen.



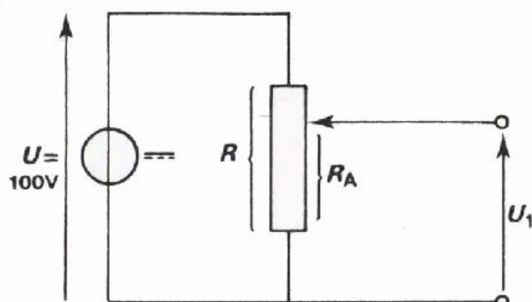
De gevraagde vervangingsweerstand R_v = 110 Ω.

De totale stroom door de schakeling bedraagt $I = \frac{U}{R_v} = \frac{220}{110} = 2$ A.
Deze stroom gaat over R_8, zodat de spanning over deze weerstand gelijk is aan $I.R_8 = 2.10 = 20$ V.

Over R_8 staat 20 V. Over R_{12} (zie boven figuur 1) staat ook 20 V. Over R_{345} (zie boven figuur 2) staat dus 220 - 20 - 20 = 180 V. De stroom door R_{345} en dus ook door R_3 is dus $\frac{180}{100} = 1,8$ A.

DE POTENTIOMETER

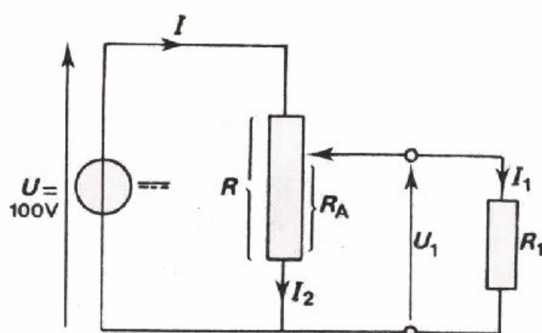
1.



R is een lineaire potentiometer.
De spanning U_1 moet 75 V bedragen.
Het schuifcontact moet staan op:

- $\frac{3}{4}$ van onderen O
- $\frac{1}{2}$ van onderen O
- $\frac{1}{4}$ van onderen O
- andere stand O

2.



Veronderstel dat we de potmeter in de hierboven berekende stand plaatsen.
Als R = 4 kΩ en we belasten R_a met een weerstand R_1 = 1,5 kΩ, hoe groot is de spanning U_1 dan?

U_1 =

3. Men wil dat in deze toestand U_1 weer 75 V wordt. Tot welke waarde moet men U dan laten toenemen?

U =

4. Hoe groot is nu de stroom door R_1?

I_1 =

5. Hoe groot is de stroom ?

I =

6. Hoe groot is de stroom door het onderste deel van de potentiometer?

Deze stroom is: I_2 =

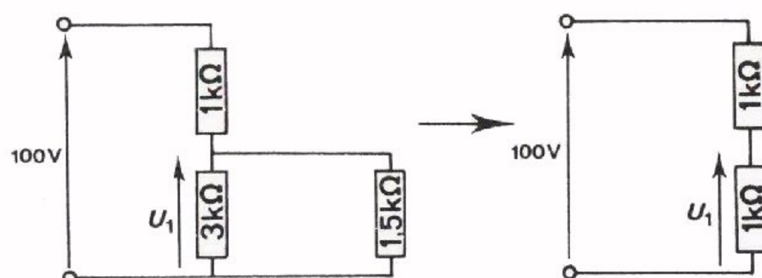
7. Hoe groot is het in de potentiometer ontwikkelde vermogen?

P =

OPLOSSING

1. Stand van de onbelaste potentiometer: "$\frac{3}{4}$ van onder".
   Het eerste antwoord is dus juist.

2. Bij belasting wordt de toestand als volgt:



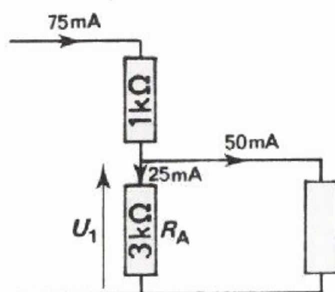
Zodat U_1 = *50 V*

3. Wil men U_1 weer gelijk aan 75 V maken, dan moet U toenemen tot
   2 x 75 V = *150 V.*
   Immers, bij de belaste potentiometer nemen we de spanning als het ware af van een middenaftakking.

4. $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{75}{1{,}5.10^3}\ \text{A} = \frac{75.10^3}{1{,}5.10^3} = 50\ mA.$

5. $I = \frac{U}{R} = \frac{150}{2.10^3}\ \text{A} = \frac{150.10^3}{2.10^2} = 75\ mA.$

6.



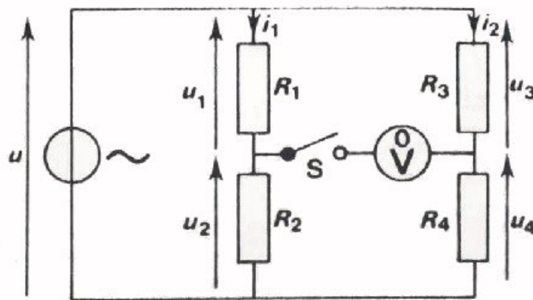
Deze stroom is: 75 - 50 = *25 mA.*

Of ook: $I_2 = \frac{U_1}{R_A} = \frac{75}{3.10^3}\ \text{A} =$

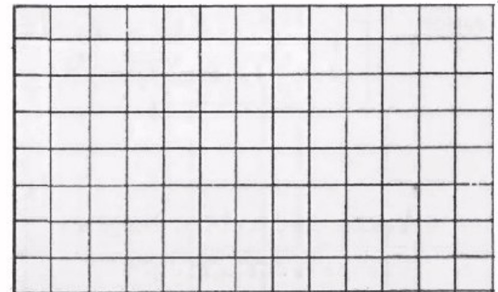
$\frac{75}{3} = 25\ mA.$

7. In het bovenste deel $P_1 = 75.74.10^{-3}$ W
   In het onderste deel $P_2 = 75.25.10^{-3}$ W
   Totaal: $75.100.10^{-3} = 7{,}5\ W.$

BRUG VAN WHEATSTONE



Teken hieronder het vectordiagram voor de tak met R_1 en R_2.

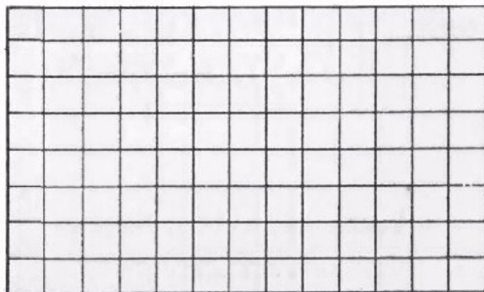


Hoe verhouden zich u_1 en u_2?

$\frac{u_1}{u_2}$ =

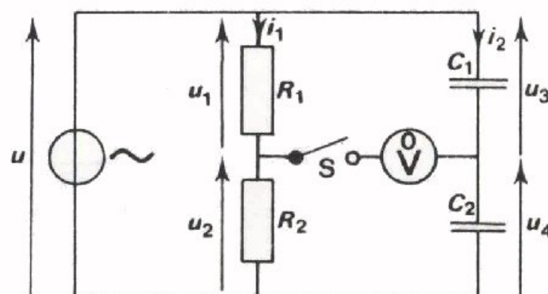
Teken hieronder het vectordiagram voor de tak met R_3 en R_4.

Hoe verhouden zich u_3 en u_4?

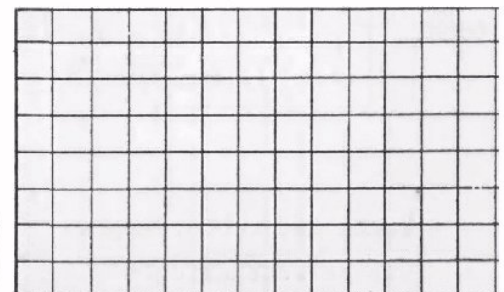


$\frac{u_3}{u_4}$ =

Wanneer zal de meter na sluiten van S niet meer uitslaan? Dit is het geval als:



We hebben de weerstanden R_3 en R_4 nu vervangen door de condensators C_1 en C_2. Teken hieronder het vectordiagram voor de tak met de C's.

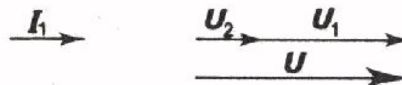


De verhouding $\frac{u_3}{u_4}$ =

Wanneer zal de meter na sluiten van S niet uitslaan? Dit is het geval als:

OPLOSSING

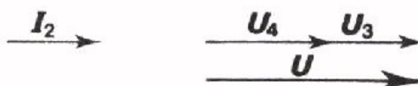
Het vectordiagram voor de tak met R_1 en R_2 ziet er als volgt uit:



De beide spanningen verhouden zich als de weerstanden waarover zij staan:

$$\boxed{\frac{u_1}{u_2} = \frac{R_1}{R_2}}$$

Het vectordiagram van de andere tak ziet er als volgt uit:



De verhouding van u_3 en u_4 is:

$$\boxed{\frac{u_3}{u_4} = \frac{R_3}{R_4}}$$

De meter zal niet meer uitslaan als: $\boxed{\frac{u_1}{u_2} = \frac{u_3}{u_4}}$.

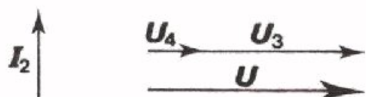
Over de meter staat dan geen spanning en er kan dus ook geen stroom door de meter lopen.

Uit $\frac{u_1}{u_2} = \frac{u_3}{u_4}$ volgt onmiddellijk: $\boxed{\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}}$

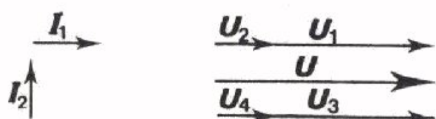
Als R_3 en R_4 worden vervangen door condensators, dan wordt het vectordiagram voor de tak met de C's:

De verhouding

$$\frac{u_3}{u_4} = \frac{X_{C_1}}{X_{C_2}} = \frac{1/\omega C_1}{1/\omega C_2} = \frac{C_2}{C_1}.$$



De u in het vectordiagram voor R_1 en R_2 is dezelfde als de u in het vectordiagram voor C_1 en C_2. Laten we deze zelfde u's samenvallen in één figuur, dan zal ook u_1 met u_3 en u_2 met u_4 samenvallen, mits:

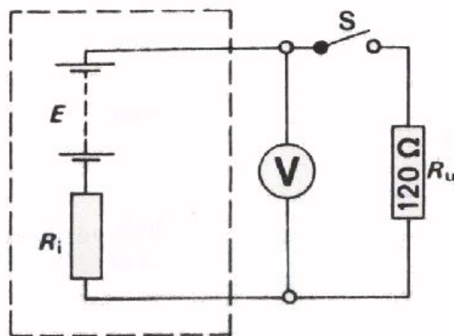


$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{C_2}{C_1}.$$

De meter zal dus niet meer uitslaan als: $\boxed{\frac{R_1}{R_2} = \frac{C_2}{C_1}}$

Merk op, dat deze brugschakeling gebruikt kan worden voor het meten van C's.

E.M.K., KLEMSPANNING EN INWENDIGE WEERSTAND



Met S open wijst de voltmeter een spanning aan van 300 V. Sluiten we S dan wijst de voltmeter 240 V aan. Hoe groot is de R_i van de spanningsbron?

R_i =

Hoe groot is het bij gesloten S ontwikkelde inwendig vermogen?

P_i =

En hoe groot is het uitwendig geleverde vermogen?

P_u =

Hoeveel calorieën komen er per minuut in de spanningsbron vrij?

Q_w =

Als R_u afneemt, dan neemt de stroom **toe/af**

Het inwendig ontwikkelde vermogen neemt dan **toe/af**

Neemt het uitwendig geleverd vermogen ook steeds maar toe, als men R_u laat afnemen?

ja/nee

Wat is hiervan de reden? Geef hieronder een korte uitleg.

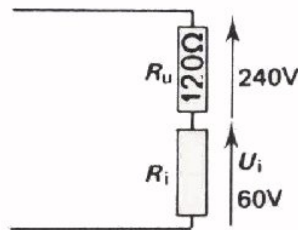
OPLOSSING

Als S open is wijst de voltmeter de EMK van de spanningsbron aan. Sluit men S, dan wijst de meter een lagere spanning aan, immers:

$$U = E - R_i I$$

klemspanning = EMK - inwendig spanningsverlies U_i

In dit geval staat er na sluiten van S blijkbaar U_i = 60 V over R_i en 240 V over R_u.



R_i : 120 = 60 : 240

= 1 : 4,

zodat $R_i = \frac{1}{4} \times 120 = 30\ \Omega$.

Het inwendige vermogen is het snelst als volgt te bepalen:

$$P_i = \frac{U_i^2}{R_i} = \frac{(60)^2}{30} = \frac{3600}{30} = 120\ W.$$

Evenzo is het uitwendig geleverde vermogen:

$$P_u = \frac{(240)^2}{120} = \frac{57\ 600}{120} = 480\ W.$$

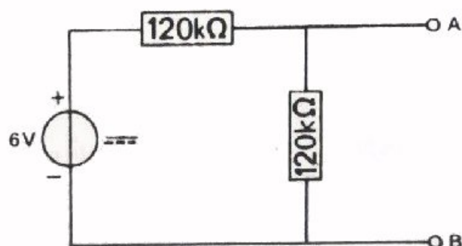
Het in de spanningsbron ontwikkelde aantal calorieën vinden we als volgt:

$$Q = 0{,}24 . P_i . t = 0{,}24 . 120 . 60 = 1728\ cal.$$

Als R_u afneemt, dan neemt de stroom toe. Het inwendig vermogen $P_i = I^2 R_i$ neemt dan ook toe. Het uitwendig geleverde vermogen $P_u = I^2 R_u$ neemt aanvankelijk ook toe, maar dit gaat niet steeds maar door. Het antwoord is: nee.

De reden is dat ook R_u afneemt en dit afnemen op den duur gaat overwegen. Bedenk maar dat als $R_u = 0$, het uitwendig vermogen $P_u = I^2 R_u$ ook tot nul is afgenomen. Lees er blad A16.3 en 4 thuis nog eens op na.

GEBRUIK VAN METERS

1. 

Hoe groot is de spanning tussen de punten A en B?

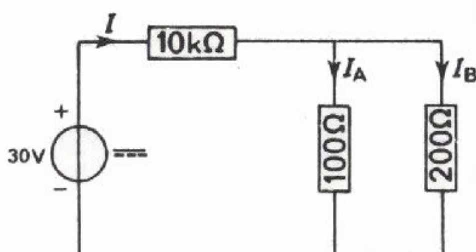
U_{AB} =

Als we nu een voltmeter met 40 kΩ/V tussen de punten A en B aansluiten, hoeveel volt wijst deze dan aan?

In het 3 V-bereik wijst de meter aan:

In het 12 V-bereik wijst hij aan:

In het 30 V-bereik wijst hij aan:

2. 

Bereken in deze schakeling de stromen:

I =

I_A =

I_B =

Als we achtereenvolgens I_A en I_B meten met een stroommeter die een inwendige weerstand heeft van 100 Ω, hoe groot zijn dan de gemeten stromen?

I_A =

I_B =

We maken een aanzienlijke meetfout. Hoe kunnen we deze verkleinen?

OPLOSSING

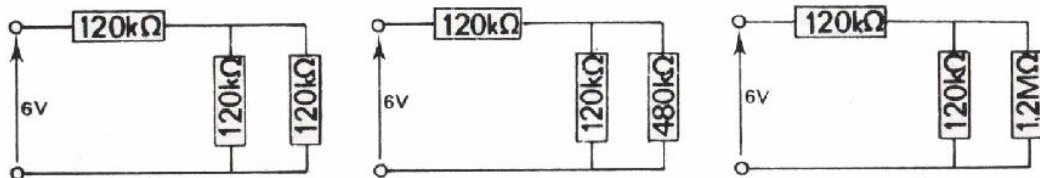
1. Beide weerstanden zijn gelijk, zodat de totale spanning zich in twee gelijke stukken verdeelt.

$$U_{AB} = 3\ V.$$

Als op de meter 40 kΩ/V staat aangegeven, dan betekent dit in het 3 V-bereik een R_i van 3 x 40 = 120 kΩ.

In het 12 V-bereik R_i = 12 x 40 = 480 kΩ.
In het 30 V-bereik R_i = 30 x 40 = 1200 kΩ.

In deze drie gevallen wordt de situatie:



Na enig rekenwerk volgt dan respectievelijk:

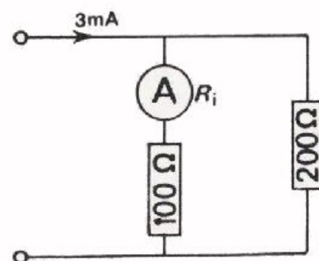
2 V   *2,67 V*   *2,85 V*

2. Ten opzichte van 10 kΩ kan men de parallelschakeling van 100 Ω en 200 Ω wel verwaarlozen.

De totale stroom $I = \frac{30}{10.10^3}$ A $= \frac{30.10^3}{10.10^3}$ mA = *3 mA*.

Daarna ziet men snel in dat: $I_A = 2\ mA$ en $I_B = 1\ mA$.

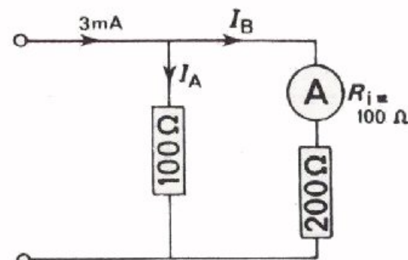
Gaan we I_A meten met een meter met R_i = 100 Ω, dan wordt de situatie als volgt:



In beide takken bevindt zich 200 Ω, zodat de meter aanwijst:

$$I_A = 1,5\ mA$$

Meten we I_B, dan krijgen we:



$$I_A : I_B = \frac{1}{100} : \frac{1}{300}$$

$$I_A = 3I_B$$

$$I_A + I_B = 3\ \text{mA} \quad I_B = 0,75\ mA.$$

We kunnen deze meetfouten verkleinen door een stroommeter te nemen met een veel kleinere inwendige weerstand.

TESTVRAGEN

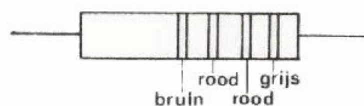
Hierna volgen een aantal vragen zoals u die bij de eindtest kunt verwachten.

- Probeer thuis serieus deze vragen te maken.
- Leg de "geheugensteunen" bij de hand.
- Komt u er niet uit, probeer dan het antwoord te vinden door de lessen A1 t/m A22 nog eens door te nemen.

1. Vul de juiste macht van 10 in.

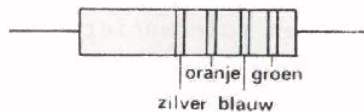
12 mA =	1,2 .	A
2 mV =	2 .	μV
1,8 MΩ =	18 .	kΩ
330 pF =	3,3 .	nF

2. Geef van volgende weerstanden de nominale waarde en de tolerantie:



R =

tolerantie = %



R =

tolerantie = %

3. U moet een verwarmingselement maken en heeft daarvoor chroomnikkeldraad ter beschikking met een diameter van 0,5 mm. Bij 8 V moet er een stroom lopen van 3 A. Hoeveel draad hebt u nodig?

Van chroomnikkeldraad ρ = 1,1 $\Omega m/mm^2$.

l =

4. Op een meter staat vermeld: "20 000 Ω/V". Op het 300 V-bereik is de inwendige weerstand van deze meter:

< 20 kΩ	O
20 kΩ	O
6 MΩ	O
> 6 MΩ	O

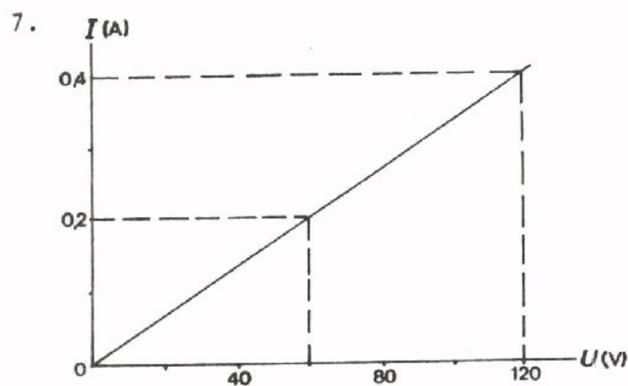
5. Welke van volgende eenheden is *geen* eenheid van vermogen?

pk	O
J/s	O
Ws	O
W	O

6. Vul in. Gebruik machten van 10.

2 E 7 =		Ω
18 k =		Ω
1 M 8 =		kΩ
3 k 3 =		Ω

7.



Deze grafiek behoort bij een weerstand van:

8. Een weerstand van 8 k 2 heeft een gouden tolerantiering. De waarde van deze weerstand ligt tussen:

7790 en 8610 Ω	O
8036 en 8364 Ω	O
8118 en 8282 Ω	O
7380 en 9020 Ω	O

9. Hoeveel calorieën ontstaan er per seconde in een batterij met E = 6 V en R_i = 0,1 Ω, als men deze batterij kortsluit?

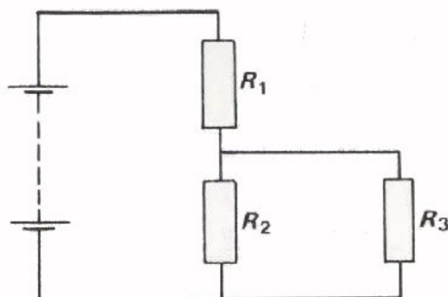
10. Door een weerstand van 10 kΩ - 1 W mag maximaal een stroom lopen van ongeveer:

3,2 mA	O
10 mA	O
32 mA	O
100 mA	O

11. De tijd nodig om met een 300 W-verwarmingselement 0,72 liter water 10°C te verwarmen bedraagt:

- 10 à 20 minuten O
- 5 à 10 minuten O
- 2 à 5 minuten O
- 1 à 2 minuten O

12.



$R_1 = R_2 = R_3$.

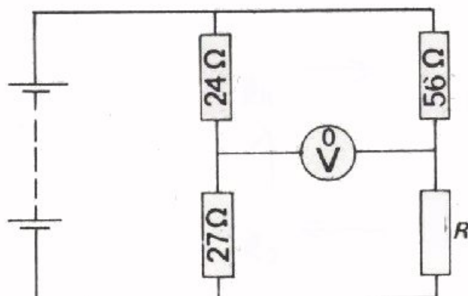
Aan R_1 wordt 1 W toegevoerd. Hoe groot is het vermogen dat aan R_3 wordt toegevoerd?

[ ]

13. Een stroommeter staat op een bereik van 600 mA. De inwendige weerstand is 200 mΩ. Men schakelt de meter over op een bereik van 120 mA. Hoe groot is nu de inwendige weerstand?

R_i = [ ]

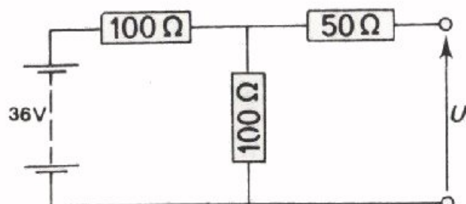
14.



Deze brug is in evenwicht.
Bereken R.

R = [ ]

15.



Hoe groot is de spanning U in deze schakeling?

U = [ ]

UITGEWERKTE ANTWOORDEN OP DE TESTVRAGEN

1. 12 mA = 0,012 A = $1,2.10^{-2}$ A
   2 mV = 2000 µV = 2.10^{3} µV
   1,8 MΩ = 1800 kΩ = 18.10^{2} kΩ
   330 pF = 0,33 nF = $3,3.10^{-1}$ nF

2. R = 8200 Ω; tolerantie 1%
   R = 56 kΩ; tolerantie 10%.

3. $R = \rho \frac{l}{A}$ of $\frac{A}{\rho} R = \frac{A}{\rho} . \rho \frac{l}{A}$ of $l = \frac{A}{\rho} R$.

   In deze formule zijn:

   $R = \frac{U}{I} = \frac{8}{3}\ \Omega$ en $A = \frac{1}{4} \pi\ d^2 = \frac{1}{4} \pi\ (\frac{1}{2})^2 = \frac{1}{4} \pi \frac{1}{4} = \frac{\pi}{16}\ mm^2$.

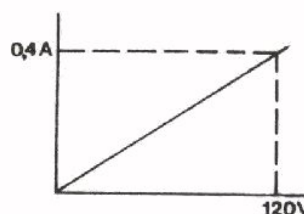
   Dit in de formule ingevuld geeft:

   $l = \frac{A}{\rho} R = \frac{\pi}{16}\ \frac{1}{1,1}\ \frac{8}{3} = \frac{\pi}{2.1,1.3} = \frac{\pi}{6,6} = 0,475$ m = *47,5 cm.*

4. R_i = aantal Ω/V x meetbereik
   = 20 000 x 300 Ω
   = *6 MΩ*.

5. Ws (dit is eenheid van energie).

6. 2 E 7 = 27.10^{-1} Ω
   18 k = 18.10^{3} Ω
   1 M 8 = 18.10^{5} Ω
   3 k 3 = 33.10^{2} Ω.



7. Bij U = 120 V behoort I = 0,4 A; dus:
   $R = \frac{U}{I} = \frac{120}{0,4} = 300\ \Omega$.

8. Gouden tolerantiering betekent 5% tolerantie. 5% van 8200 is 5 x 82 = 410 Ω.
   R ligt tussen 8200 - 410 = *7790* Ω en 8200 + 410 = *8610* Ω.

9. $P_i = \frac{E^2}{R_i} = \frac{36}{0,1} = 360$ W = 0,24.360 = *86,4 cal/s.*

10. $P = I^2.R$ of $I^2 = \frac{P}{R} = \frac{1}{10^4}$ of $I = \sqrt{\frac{1}{10^4}} = \frac{1}{100}$ A = *10 mA*.

11. Benodigde warmte = $C_w.T$ = 720.10 = 7200 cal = Q_w

P = 300 W = 0,24.300 = 72 cal/s.

Verder is: $Q_w = P.t$ of $t = \frac{W}{P}$, zodat:

$$t = \frac{Q_w}{P} = \frac{7200}{72} = 100 \text{ s} = 1\frac{2}{3} \text{ minuut.}$$

Goede antwoord: *1 à 2 minuten.*

12. Als $R_1 = R$, dan is ook $R_2 = R$ en $R_3 = R$.

Dan is $R_{23} = \frac{1}{2} R$.

Bedenk dat de stroom door R_1 en R_{23} dezelfde is. Verder is het vermogen $P = I^2.R$. Het vermogen in R_{23} is dus de helft van dat in R_1 of 0,5 W. Het vermogen in R_{23} wordt voor de helft in R_2 en voor de andere helft in R_3 ontwikkeld.

Dus het vermogen in R_3 is $\frac{1}{2}$ x 0,5 = *0,25 W.*

13. R_i = 5.200.= 100 mΩ = *1 Ω*, omdat de meter 5 x zo gevoelig wordt geschakeld.

14. $\frac{R}{56} = \frac{27}{24}$.

R = *63 Ω.*

15. De weerstand van 50 Ω "doet niet mee". De spanning verdeelt zich in twee gelijke stukken over de gelijke R's van 100 Ω.

Dus $U = \frac{1}{2}$ 36 = *18 V.*

G E H E U G E N S T E U N

GROOTHEDEN, SYMBOLEN EN EENHEDEN

GROOTHEID	SYMBOOL	EENHEID	
lading	Q	coulomb,	C
stroom	I	ampère,	A
spanning	U	volt,	V
E.M.K.	E	volt,	V
weerstand	R	ohm,	Ω
soortelijke weerstand	ρ	–	Ω mm^2/m
temperatuurcoëfficiënt	θ	–	%/C^0
kracht	F	newton,	N
massa, (hoeveelheid materie)	m	kilogram,	kg
lengte	l	meter,	m
oppervlak	A	vierkante meter,	m^2
snelheid	v	meter per seconde,	m/s
tijd	t	seconde,	s
arbeid, energie	W	wattseconde,	Ws
		newtonmeter,	Nm
		joule,	J
vermogen	P	watt,	W
warmte-hoeveelheid	Q_{th}	wattseconde,	Ws
		joule,	J
		calorie,	cal
temperatuur	T	graad celcius,	^0C
warmte-capaciteit	C_{th}	calorie per graad celcius,	cal/^0C
frequentie	f	hertz,	Hz
hoekfrequentie	ω	radialen per seconde,	rad/s
trillingstijd periodetijd	T	seconde,	s
voortplantingssnelheid	c	meter per seconde,	m/s
golflengte	λ	meter,	m
hoek		graad,	^{0}
		radiaal,	rad
reactantie	X	ohm,	Ω
impedantie	Z	ohm,	Ω
capaciteit	C	farad,	F
zelfinductie	L	henry,	H
magnetische flux	Φ	–	–

OMREKENINGSFACTOREN

1 Ws = 0,25 cal

1 pk = 736 W

1 rad = $\frac{360^0}{2\pi}$.

n	n^2	$\sqrt{n}$	n	n^2	$\sqrt{n}$
1	1	1,00	51	2601	7,14
2	4	1,41	52	2704	7,21
3	9	1,73	53	2809	7,28
4	16	2,00	54	2916	7,35
5	25	2,24	55	3025	7,42
6	36	2,45	56	3136	7,48
7	49	2,65	57	3249	7,55
8	64	2,83	58	3364	7,62
9	81	3,00	59	3481	7,68
10	100	3,16	60	3600	7,75
11	121	3,32	61	3721	7,81
12	144	3,46	62	3844	7,87
13	169	3,61	63	3969	7,94
14	196	3,74	64	4096	8,00
15	225	3,87	65	4225	8,06
16	256	4,00	66	4356	8,12
17	289	4,12	67	4489	8,19
18	324	4,24	68	4624	8,25
19	361	4,36	69	4761	8,31
20	400	4,47	70	4900	8,37
21	441	4,58	71	5041	8,43
22	484	4,69	72	5184	8,49
23	529	4,80	73	5329	8,54
24	576	4,90	74	5476	8,60
25	625	5,00	75	5625	8,66
26	676	5,10	76	5776	8,72
27	729	5,20	77	5929	8,78
28	784	5,29	78	6084	8,83
29	841	5,39	79	6241	8,89
30	900	5,48	80	6400	8,94
31	961	5,57	81	6561	9,00
32	1024	5,66	82	6724	9,06
33	1089	5,74	83	6889	9,11
34	1156	5,83	84	7056	9,17
35	1225	5,92	85	7225	9,22
36	1296	6,00	86	7396	9,27
37	1369	6,08	87	7569	9,33
38	1444	6,16	88	7744	9,38
39	1521	6,25	89	7921	9,43
40	1600	6,32	90	8100	9,49
41	1681	6,40	91	8281	9,54
42	1764	6,48	92	8464	9,59
43	1849	6,56	93	8649	9,64
44	1936	6,63	94	8836	9,70
45	2025	6,72	95	9025	9,75
46	2116	6,78	96	9216	9,80
47	2209	6,86	97	9409	9,85
48	2304	6,93	98	9604	9,90
49	2401	7,00	99	9801	9,95
50	2500	7,07	100	10 000	10,00

GEHEUGENSTEUN

Graden	Sinus	Cosinus	Tangens	Cotangens	
0	0,000	1,000	0,000	∞	90
1	0,018	1,000	0,018	57,290	89
2	0,035	0,999	0,035	28,636	88
3	0,052	0,999	0,052	19,081	87
4	0,070	0,998	0,070	14,301	86
5	0,087	0,996	0,038	11,430	85
6	0,105	0,995	0,105	9,514	84
7	0,122	0,993	0,123	8,144	83
8	0,139	0,990	0,141	7,115	82
9	0,156	0,988	0,158	6,314	81
10	0,174	0,985	0,176	5,671	80
11	0,191	0,982	0,194	5,145	79
12	0,208	0,978	0,213	4,705	78
13	0,225	0,974	0,231	4,332	77
14	0,242	0,970	0,249	4,011	76
15	0,259	0,966	0,268	3,732	75
16	0,276	0,961	0,287	3,487	74
17	0,292	0,956	0,306	3,271	73
18	0,307	0,951	0,325	3,078	72
19	0,326	0,946	0,344	2,904	71
20	0,342	0,940	0,364	2,748	70
21	0,358	0,934	0,384	2,605	69
22	0,375	0,927	0,404	2,475	68
23	0,391	0,921	0,425	2,356	67
24	0,407	0,914	0,445	2,246	66
25	0,423	0,906	0,466	2,145	65
26	0,438	0,899	0,488	2,050	64
27	0,454	0,891	0,510	1,963	63
28	0,470	0,883	0,532	1,881	62
29	0,485	0,875	0,554	1,804	61
30	0,500	0,866	0,577	1,732	60
31	0,515	0,857	0,601	1,664	59
32	0,530	0,848	0,625	1,600	58
33	0,545	0,839	0,649	1,540	57
34	0,559	0,829	0,675	1,483	56
35	0,574	0,819	0,700	1,428	55
36	0,588	0,809	0,727	1,376	54
37	0,602	0,799	0,754	1,327	53
38	0,616	0,788	0,781	1,280	52
39	0,629	0,777	0,810	1,235	51
40	0,643	0,766	0,839	1,192	50
41	0,656	0,755	0,869	1,150	49
42	0,669	0,743	0,900	1,111	48
43	0,682	0,731	0,933	1,072	47
44	0,695	0,719	0,965	1,036	46
45	0,707	0,707	1,000	1,000	45
	Cosinus	Sinus	Cotangens	Tangens	Graden

A 61 HERHALING 7B

In de elektronica heeft men zeer vaak te maken met wisselstromen en -spanningen. In deze les komen grafische voorstellingen aan de orde en herhalen we nog enige begrippen als frequentie, amplitude, gemiddelde en effectieve waarde, enz.
Vaak is de grafische voorstelling van wisselstroom en -spanning sinusvormig. We weten dat we dan veel plezier hebben van de *vectorvoorstelling*
Aan de hand van een aantal oefeningen gaan we in deze les ook deze vectorvoorstelling nog eens herhalen.

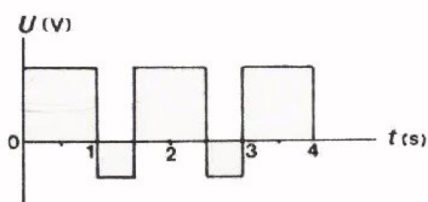
- Werk deze lessen serieus door.
- Als u iets niet helemaal door heeft, vraag dan uw leraar om nader informatie.

PERIODE, PERIODETIJD EN FREQUENTIE

Bij wisselspanningen en -stromen kennen we het begrip *periode*. Dit is het kleinste stuk van een wisselspanning of -stroom dat zich steeds weer op dezelfde wijze herhaalt. De tijd nodig voor één periode heet *periodetijd* T. Het aantal perioden in één seconde noemt men de *frequentie*, f. De *eenheid* van frequentie is de "hertz", (Hz).

TEST UZELF

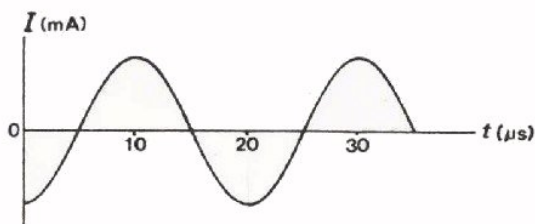
1.



T =

f =

2.



T =

f =

3. Eén periode van een radiogolf die een zendantenne uitzendt duurt 4 µs.
   De frequentie van deze spanning f =

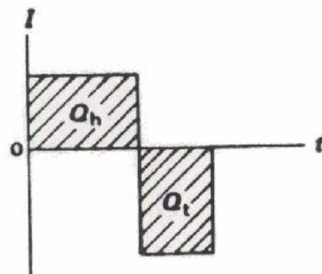
   De golflengte λ van de radiogolven is dan:

   λ =

DE GEMIDDELDE WAARDE

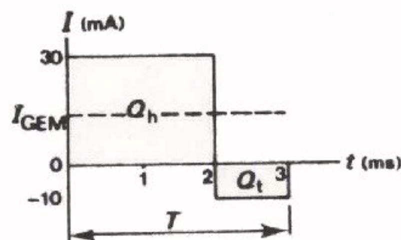
Een gelangrijk begrip bij wisselstroom en -spanning is de *gemiddelde waarde.*

- De gemiddelde waarde van een zuivere wisselstroom is nul.



Per periode gaat er evenveel lading heen als terug. Gemiddeld is er geen verplaatsing van lading; gemiddeld loopt er geen stroom.

- De gemiddelde waarde van een onzuivere wisselstroom is niet gelijk aan nul.

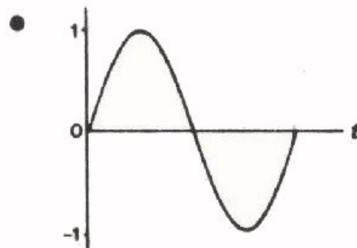


Deze gemiddelde stroom bepalen we als volgt:

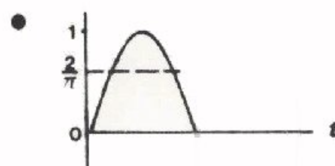
$$I_{GEM} = \frac{Q_h - Q_t}{T}.$$

In bovenstaand voorbeeld:

$$I_{GEM} = \frac{30.10^{-3}.2.10^{-3} - 10.10^{-3}.1.10^{-3}}{3.10^{-3}} = \frac{50}{3}\,10^{-3}\text{ A} = 16\tfrac{2}{3}\text{ mA}.$$

- 

De gemiddelde waarde van een "hele sinus" is 0.

- 

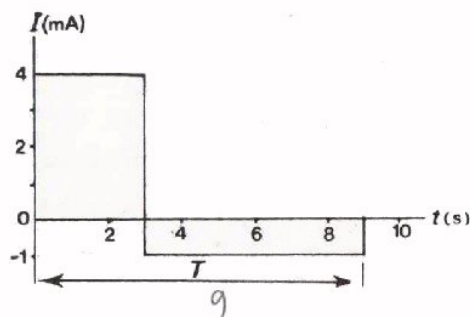
De gemiddelde waarde van een "halve sinus" is gelijk aan:

$\frac{2}{\pi}$ x de amplitude

TEST UZELF

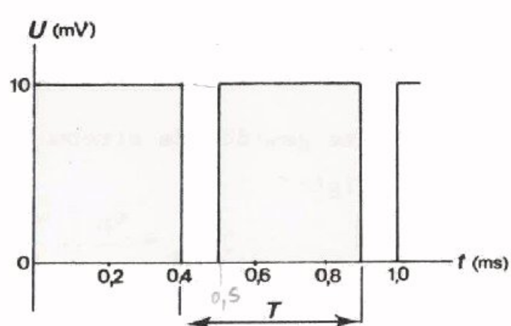
Bepaal in volgende gevallen de gemiddelde waarde:

1.



I_{GEM} =

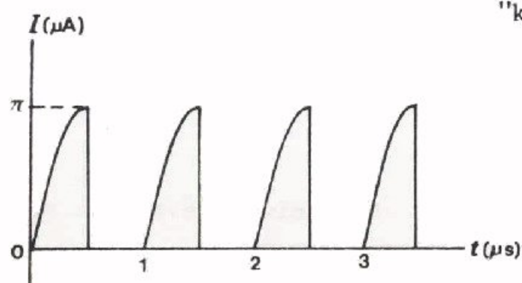
2.



U_{GEM} =

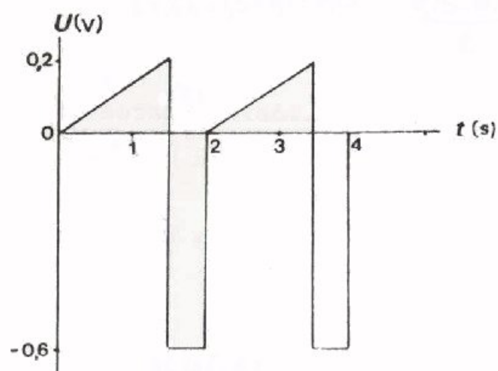
3.

De getekende gebogen lijnen zijn "kwart sinussen".



I_{GEM} =

4.



U_{GEM} =

DE EFFECTIEVE WAARDE

- De *effectieve waarde* van een veranderlijke stroom of spanning is de waarde van een gelijkstroom of -spanning die een zelfde weerstand even sterk verhit; of die hetzelfde verhittingseffect heeft.

- Voor gelijkstroom en -spanning geldt:

$$P = RI^2 = U.I = \frac{U^2}{R}$$

  Net zo geldt voor veranderlijke stroom of spanning:

$$P = RI^2_{EFF} = U_{EFF} \cdot I_{EFF} = \frac{U_{2EFF}}{R}$$

- Voor *sinusvormige* stromen en spanningen geldt:

$$I_{eff} = \tfrac{1}{2}\sqrt{2}\, I_t \approx 0,7\, I_t$$
$$U_{eff} = \tfrac{1}{2}\sqrt{2}\, U_t \approx 0,7\, U_t$$

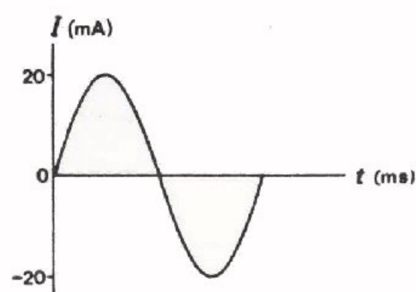
  Hieruit volgt dat het vermogen voor sinusvormige stromen is te schrijven als:

$$P = \tfrac{1}{2}\, I^2_t\, R = \tfrac{1}{2}\, U_t . I_t = \tfrac{1}{2}\, \frac{U^2_t}{R}$$

- Het precies berekenen van de effectieve waarde van niet sinusvormige stromen en spanningen hebben we niet geleerd. Lees de bladen A31.8 en 9 nog eens door.

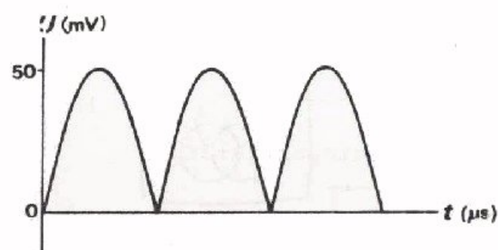
TEST UZELF

1.



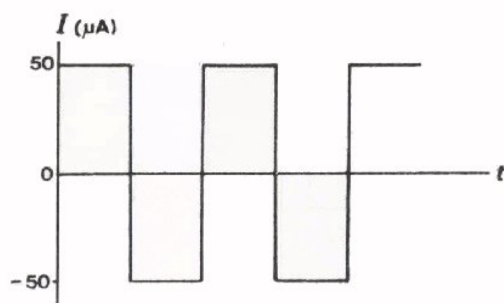
I_{eff} = [ ]

2.



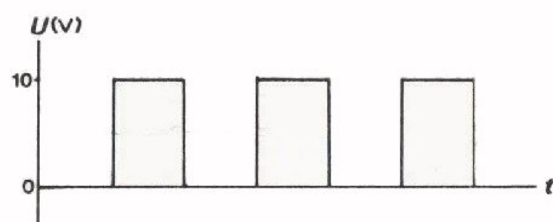
U_{EFF} = [ ]

3.



I_{eff} = [ ]

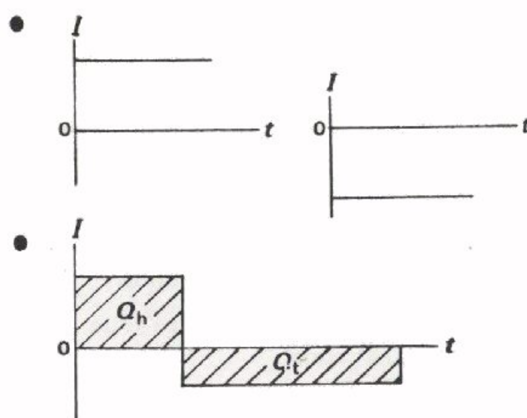
4. Schat de effectieve waarde in volgend geval.



U_{EFF} = 10 V O
9 V O
7 V O
5 V O

SOORTEN SPANNINGEN EN STROMEN

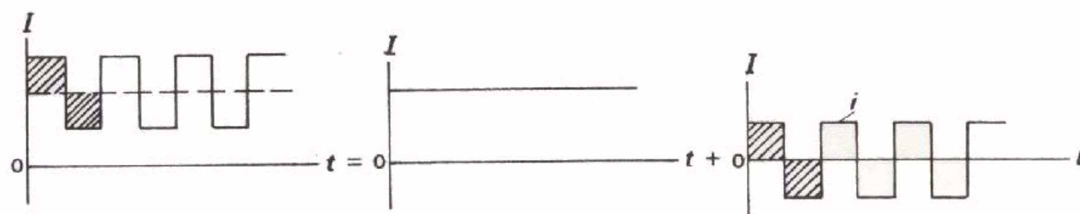
We geven hier nog eens een kort overzicht van de verschillende soorten stromen die voorkomen. Voor de spanningen geldt een soortgelijke indeling.



- *Zuivere gelijkstroom.*
  Deze kan positief of negatief zijn.

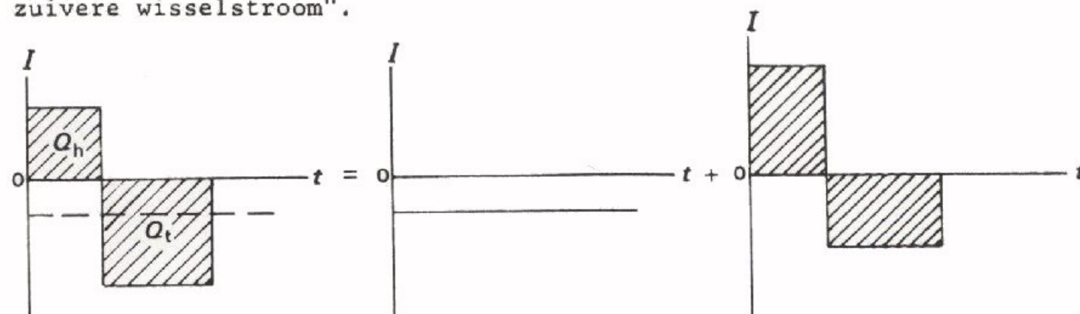
- *Zuivere wisselstroom.*
  Lading heen = lading terug. Per periode is het oppervlak boven de t-as gelijk aan dat beneden de t-as. Hebben de oppervlakken ook nog dezelfde vorm dan spreek men van een *symmetrische* wisselstroom.

- *Pulserende gelijkstroom.*
  De stroom is steeds positief of steeds negatief, maar de momentele waarde is niet constant. Een pulserende gelijkstroom is altijd opgebouwd te denken uit een "stuk zuivere gelijkstroom" en een "stuk zuivere wisselstroom".



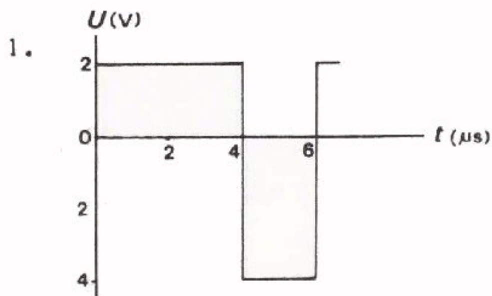
pulserende gelijkstroom = gelijkstroomcomponent + zuivere wisselstroomcomponent

- *Onzuivere wisselstroom.*
  Deze is afwisselend positief en negatief, maar de oppervlakken beneden en boven de t-as zijn per periode niet gelijk. Ook een onzuivere wisselstroom bestaat uit een "stuk zuivere gelijkstroom" en een "stuk zuivere wisselstroom".



TEST UZELF

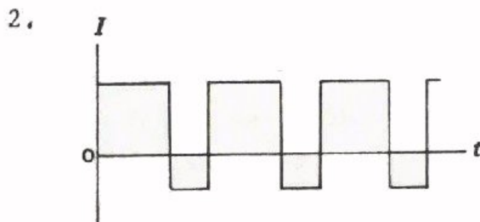
1.



De gelijkspanningscomponent bedraagt hier:

0 V	O
-1 V	O
-2 V	O
-3 V	O

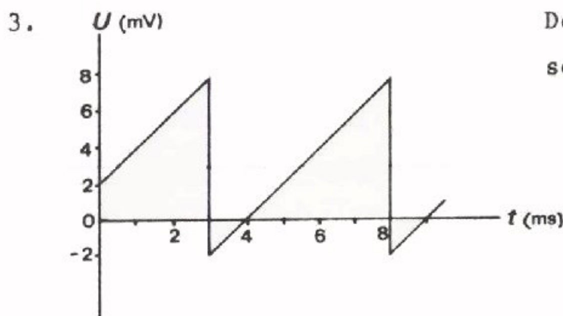
2.



Deze stroom is een:

pulserende gelijkstroom	O
zuivere niet-symmetrische wisselstroom	O
symmetrische wisselstroom	O
onzuivere wisselstroom	O

3.



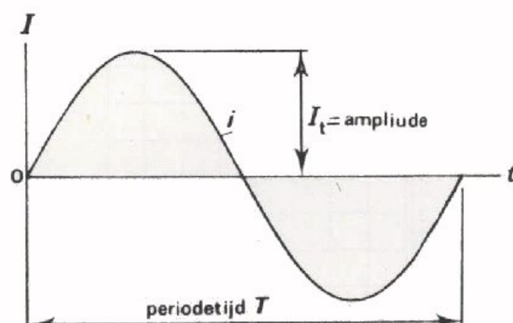
De gelijkspanningscomponent van deze wisselspanning bedraagt:

2 mV	O
3 mV	O
4 mV	O
5 mV	O

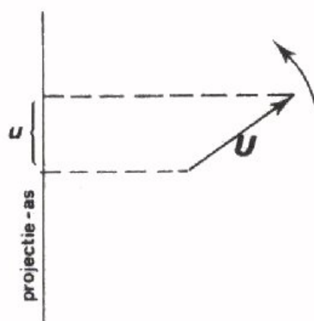
MANIEREN OM EEN SINUSVORMIGE STROOM EN SPANNING VOOR TE STELLEN

- Door middel van een grafiek.

$$f = \frac{1}{T}$$

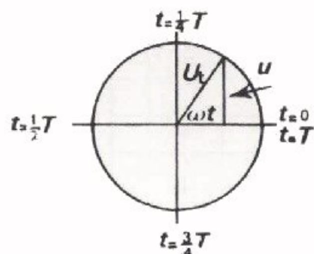


- Door middel van een vector.



f = aantal malen rond per seconde.

- In een formule.

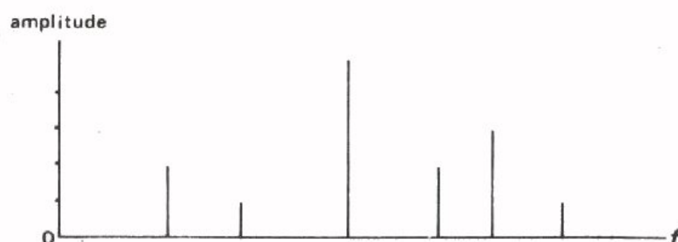


$$\frac{u}{U_t} = \sin \omega t$$

of $$u = U_t . \sin \omega t$$

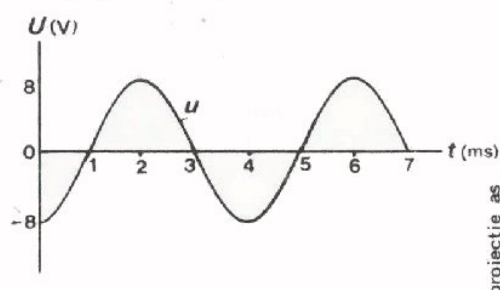
$$\omega = 2\pi f$$

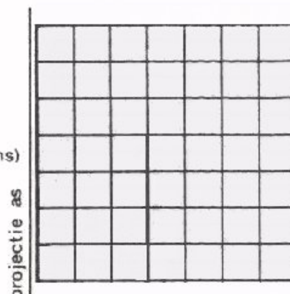
- Voor een overzicht van veel wisselspanningen: amplitude-frequentie-diagram.



TEST UZELF

1. Teken naast de grafische voorstelling de vectorvoorstelling op het tijdstip $t = 0$.





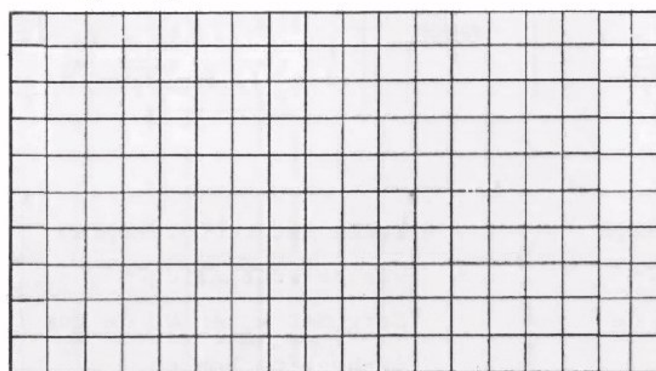
U_t =

f =

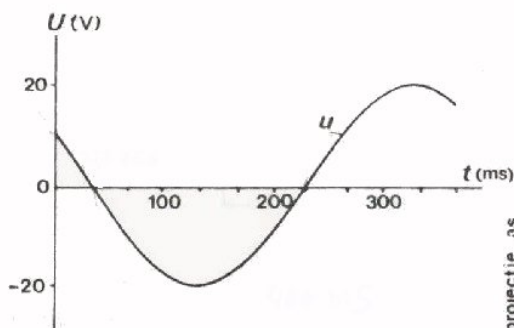
2. Teken naast de vectorvoorstelling de grafiek.

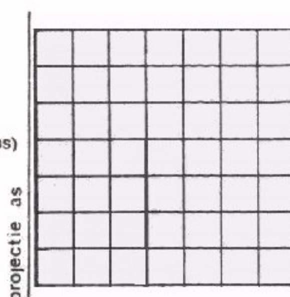
projectie as

$I = 10\text{A}$
$f = 1\text{ kHz}$
tijdstip $t = 0$



3. Teken naast de grafiek de vectorvoorstelling op het tijdstip $t = 0$.





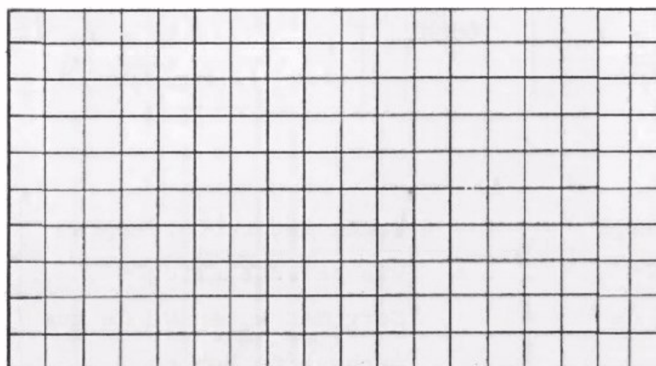
U_t =

f =

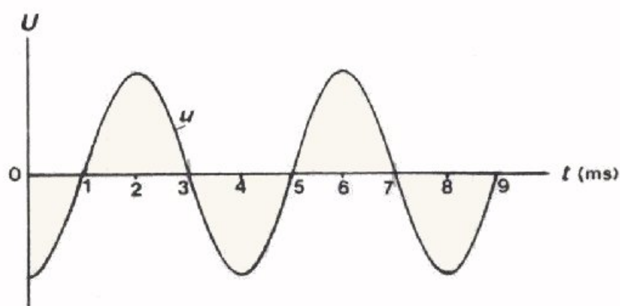
4. Teken naast de vectorvoorstelling de grafiek.

projectie as

$I = 6\text{mA}$
$f = 100\text{Hz}$
tijdstip $t = 0$



TEST UZELF



Op welke momenten is de vectorvoorstelling van u zoals hiernaast getekend?

projectie-as

t = ☐ t = ☐

t = ☐ t = ☐

t = ☐ t = ☐

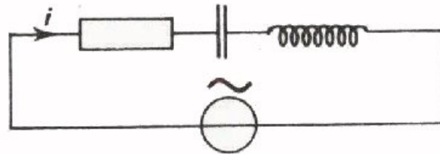
t = ☐ t = ☐

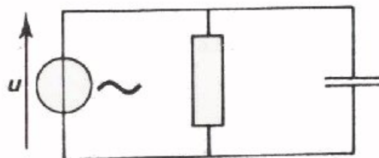
t = ☐ t = ☐

VECTORDIAGRAMMEN

Enige uitgangspunten:

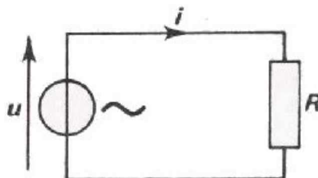
- Moet men voor een schakeling het vectordiagram tekenen, dan dient men altijd te beginnen met de grootheid die bij de verschillende componenten dezelfde is.



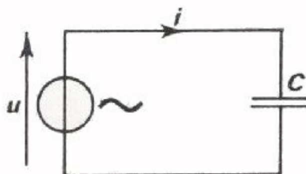


- Bij een *serie*schakeling is dit de *stroom* i.
- Bij een *parallel*schakeling is dit de *spanning* u.

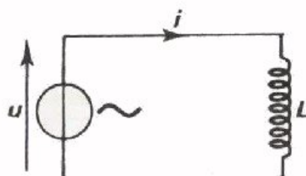
- Een tweede punt van belang bij het tekenen van vectordiagrammen is de *fase* van u en i.



- Bij een *weerstand* zijn i en u in fase.



- Bij een *condensator* ijlt i 90^0 voor op u: er moet stroom lopen alvorens er spanning kan aangroeien en daarmee het elektrische veld.

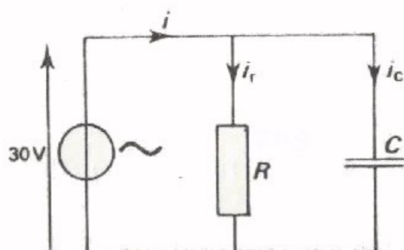


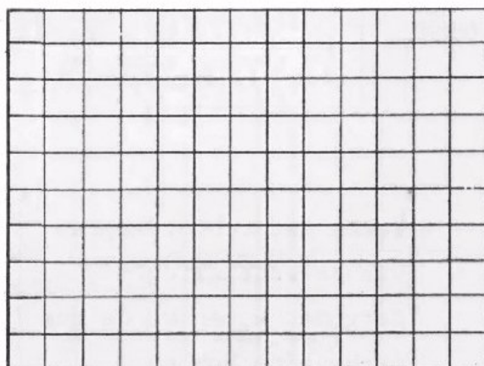
- Bij een *spoel* ijlt u 90^0 voor op i: er moet spanning zijn alvorens de stroom kan aangroeien en daarme het magnetische veld.

Denk aan: "LUICIU".

TEST UZELF

1.





$R = 7{,}5\ k\Omega$, $C = 3{,}2\ nF$ en $f = 5\ kHz$.

Bereken X_C: X_C =

Bereken $I_{r(eff)}$ en $I_{c(eff)}$:

$I_{r(eff)}$ =

$I_{c(eff)}$ =

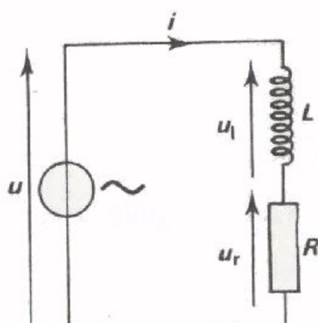
Teken hiernaast in juiste verhoudingen het vectordiagram.

Bepaal tenslotte $I_{(eff)}$ en $Z = \frac{u}{i}$.

$I_{(eff)}$ =

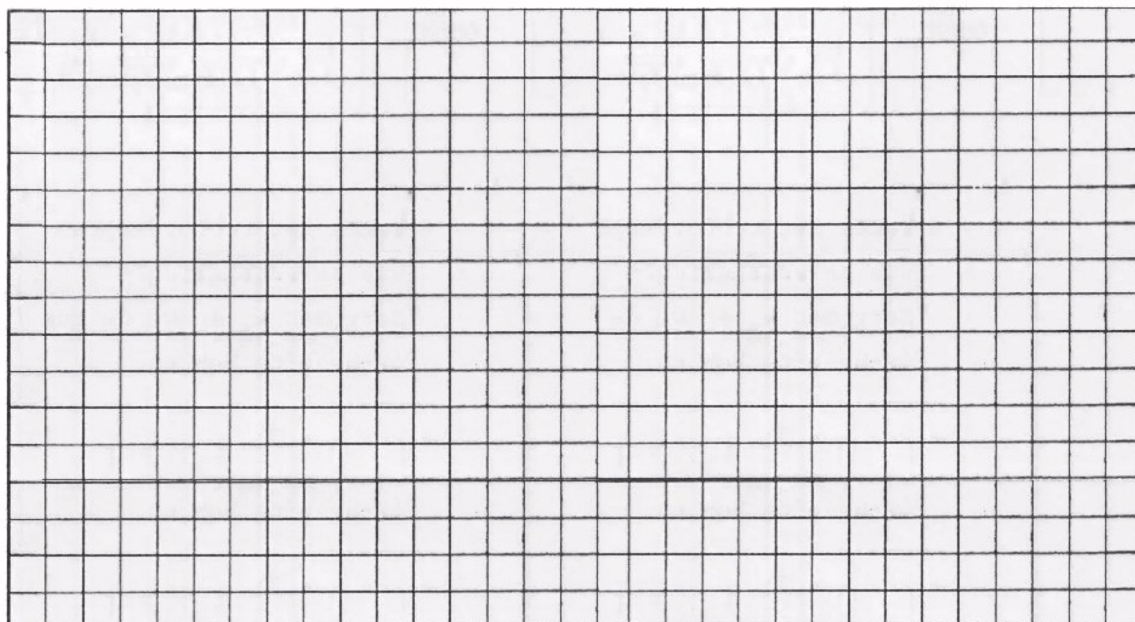
Z =

2.



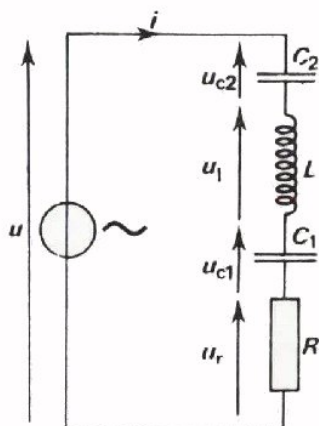
$R = 6\ k\Omega$, $L = \frac{1}{\pi}\ H$ en $f = 3\ kHz$.

Bereken net zoals hierboven voor de parallelschakeling is gedaan de diverse nog onbekende grootheden en teken het vectordiagram.



TEST UZELF

Teken in een vectordiagram de spanningsvectoren altijd in dezelfde volgorde als dat zij in het schema voorkomen.



R = 1,25 kΩ; C_1 = 400 pF; C_2 = 400 pF

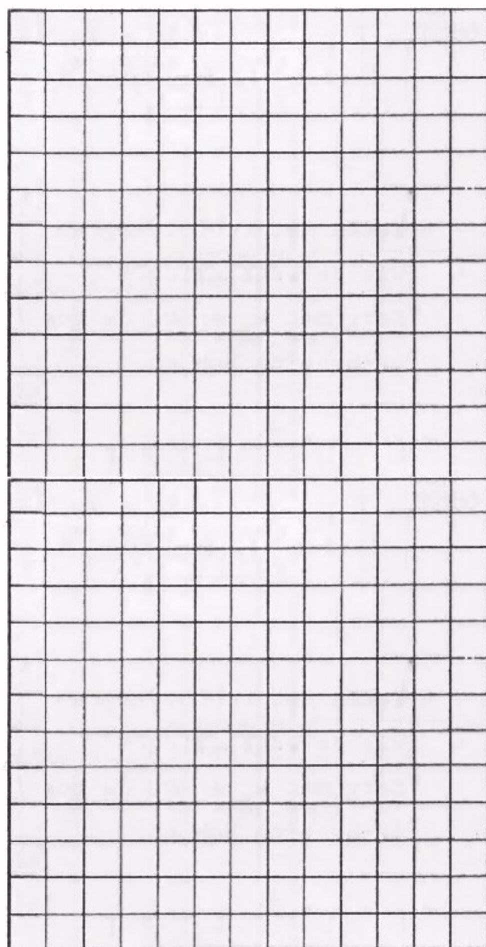
L = 8 mH; $\omega = 10^6$ rad/s; $U_{(eff)}$ = 325 V.

Bereken de reactanties:

X_{C_1} =

X_{C_2} =

X_L =



Teken hiernaast het vectordiagram in de juiste verhoudingen. Vermeld hieronder de volgorde van tekenen vòòrdat u aan het tekenen begint.

Neem als lengte van de $\boldsymbol{U}_R$-vector 1,25 cm.

Bereken tenslotte nog volgende grootheden:

Z = kΩ $I_{(eff)}$ = mA

$U_{r(eff)}$ = V $U_{c_1(eff)}$ =

$U_{c_2(eff)}$ = $U_{L(eff)}$ =

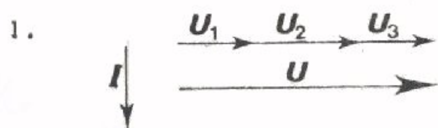
cos φ =

Toegevoerd vermogen P =

TEST UZELF

Hieronder zijn een aantal vectordiagrammen getekend. Teken ernaast de schakeling waarop het diagram betrekking heeft en vermeld elke spanning en stroom ook in het schema.

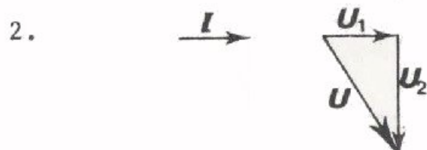
1.



Z is

ohms capacitief inductief

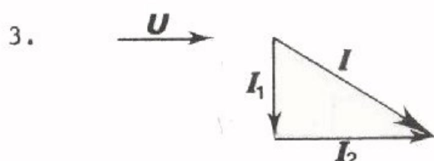
2.



Z is

ohms capacitief inductief

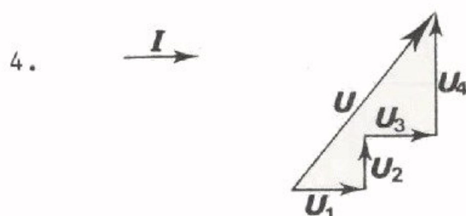
3.



Z is

ohms capacitief inductief

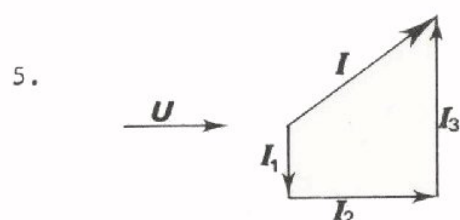
4.



Z is

ohms capacitief inductief

5.



Z is

ohms capacitief inductief

FIGUREN VAN LISSAJOUS

Wat wil het zeggen als we aan een oscilloscoop telkens twee wisselspanningen u_x en u_y toevoeren en dan achtereenvolgens de onderstaande figuren op het scherm zien?

De fasehoek φ tussen u_x en u_y is:



$f_x : f_y =$ [:]

[ ]



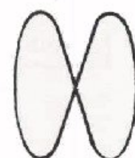
$f_x : f_y =$ [:]

φ is [ ]

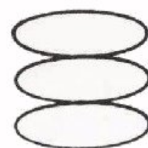


$f_x : f_y =$ [:]

φ is [ ]



$f_x : f_y =$ [:]

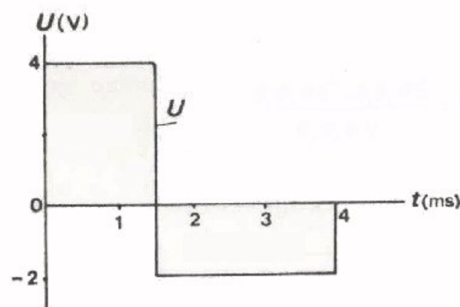


$f_x : f_y =$ [:]

TESTVRAGEN

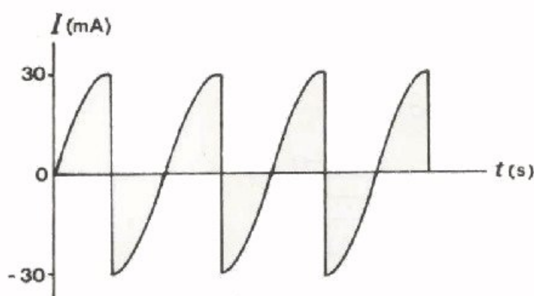
1. De frequentie van een wisselspanning is 2 MHz. De periodetijd van deze spanning bedraagt:

2 µs	O
5 µs	O
0,5 µs	O
geen van deze waarden	O

2. 

De gemiddelde waarde van deze spanning bedraagt:

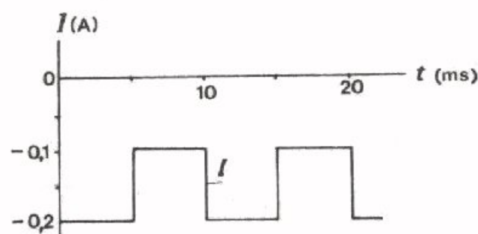
2 V	O
1 V	O
0,5 V	O
0,25 V	O

3. 

De effectieve waarde van deze wisselstroom is:

21 mA	O
19 mA	O
15 mA	O
10 mA	O

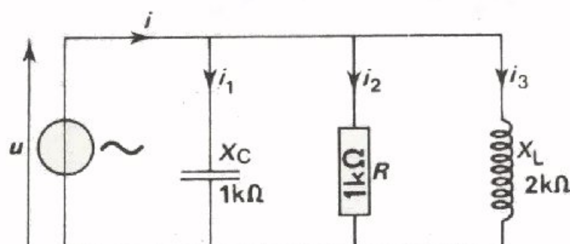
4. Hoe groot is de gelijkstroomcomponent van volgende pulserende gelijkstroom?

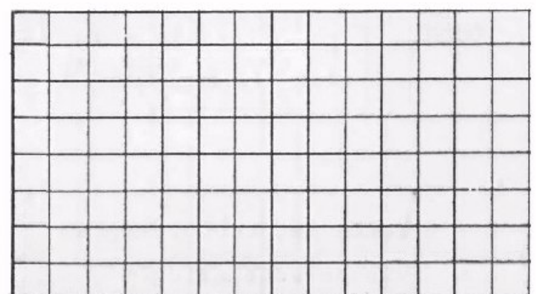


I_{GEM} =

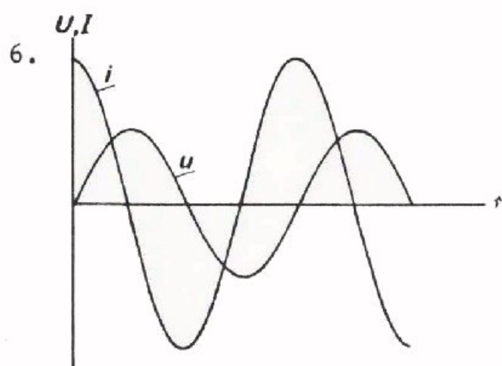
0	A	O
-0,1	A	O
-0,15	A	O
-0,2	A	O

5. Teken met de juiste verhoudingen het vectordiagram van volgende schakeling.





6.



Welke van volgende uitspraken is juist?

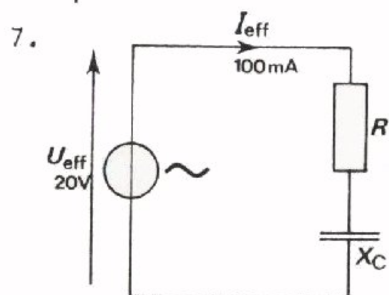
u en i zijn in tegenfase O

u ijlt voor op i O

u ijlt na op i O

u en i zijn 45^0 in fase verschoven O

7.



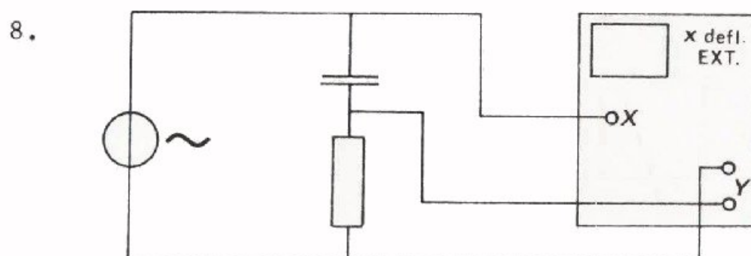
De frequentie van een toegevoerde wisselspanning is zo gekozen, dat

$X_C \approx R$.

Het toegevoerde vermogen is dan:

$P =$ [ ]

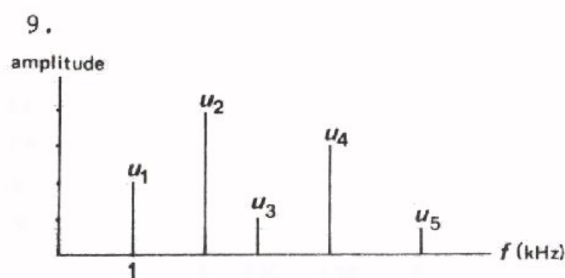
8.



Schets hiernaast de figuur van Lissajous die u op het scherm van de oscilloscoop verwacht te zien.

$X_c \approx R$

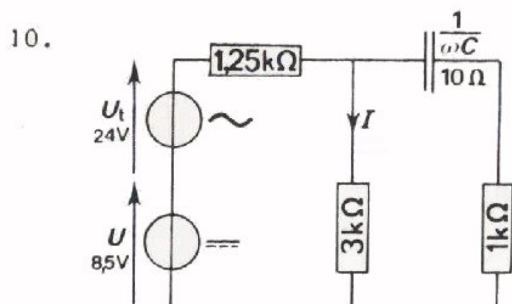
9.



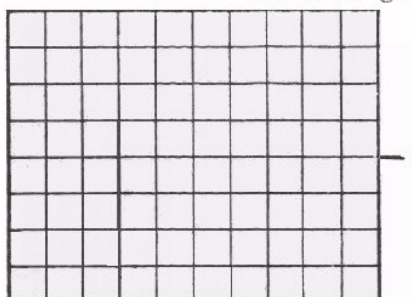
Vul de tabel verder in:

u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	
10 mV					ampl.
					freq.

10.



Bereken en teken de grafiek van I_{mom}.



UITGEWERKTE ANTWOORDEN OP DE TESTVRAGEN

1. $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2.10^6}\ s = \frac{1}{2} = 0{,}5\ \mu s.$

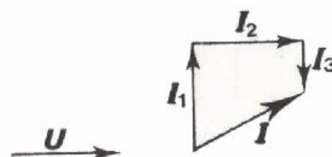
2. $U_{GEM} = \frac{Q_h - Q_t}{T} = \frac{4.(1{,}5.10^{-3}) - 2(2{,}5.10^{-3})}{4.10^{-3}} = \frac{6 - 5}{4} = \frac{1}{4} = 0{,}25\ V.$

3. $I_{eff} = \frac{2}{\pi} I_t = \frac{2}{\pi} 30 = \frac{60}{\pi} = 19{,}1\ mA$

4. $I_{GEM} = \frac{Q}{T} = \frac{-0{,}2.(5.10^{-3}) - 0{,}1(5.10^{-3})}{10.10^{-3}} = \frac{-1 - 0{,}5}{10} = -0{,}15\ A.$

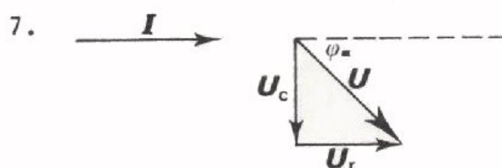
5. Begin met u te tekenen omdat deze grootheid voor elke component dezelfde is.

$i_1 : i_2 : i_3 = \frac{1}{X_C} : \frac{1}{R} : \frac{1}{X_L} = \frac{1}{1} : \frac{1}{1} : \frac{1}{2} = 1 : 1 : 0{,}5.$



6. u ijlt na op i.

7.



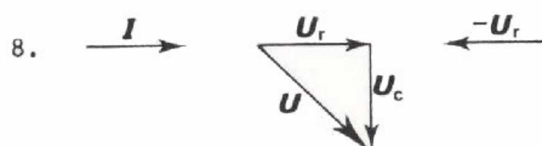
$P = U_{eff}.I_{eff}.\cos\varphi$

$= 20.0{,}1.\cos 45^0$

$= 2.0{,}7$

$\approx 1{,}4\ W.$

8.



We voeren $-u_r$ en u_c aan de scoop toe. Deze spanningen zijn 90^0 in fase verschoven. Dus de figuur van Lissajous wordt een rechte ellips.

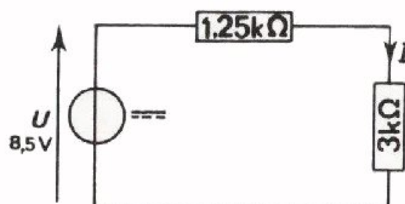
Als $X_c = R$ is de figuur een cirkel.



9.

u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	
10 mV	20 mV	5 mV	12,5 mV	2,5 mV	amplitude
1 kHz	2 kHz	2,75 kHz	3,75 kHz	5 kHz	frequentie

10.

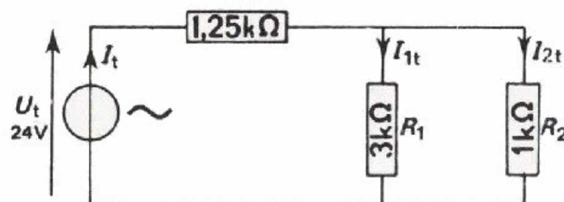


Gelijkstroomschema

De gelijkstroomcomponent I_{GEM} bedraagt:

$$I_{GEM} = \frac{U}{1250 + 3000} = \frac{8,5}{4250}\ A$$

$$= \frac{8500}{4250} = 2\ mA.$$



Wisselstroomschema

De X_C = 10 Ω is te verwaarlozen t.o.v. de ermee in serie staande weerstand van 1 kΩ. Daarom geldt nevenstaand wisselstroomschema

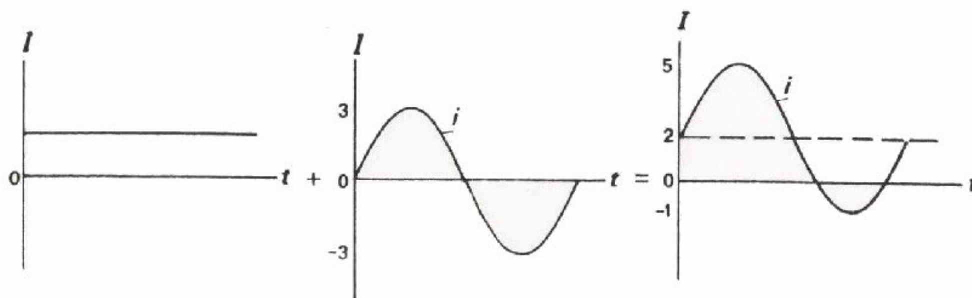
Daarin geldt:

$$I_{(TOT)T} = \frac{U_T}{1250 + R_P} = \frac{24}{1250 + 750} = \frac{24}{2000}\ A$$

$$= \frac{24}{2} = 12\ mA.$$

$$I_{1T} : I_{(TOT)T} = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_P} = \frac{1}{3} : \frac{1}{0,75} = 1 : 4.$$

$$I_{1T} = \frac{1}{4}\, I_{(TOT)T} = \frac{1}{4} \cdot 12 = 3\ mA.$$



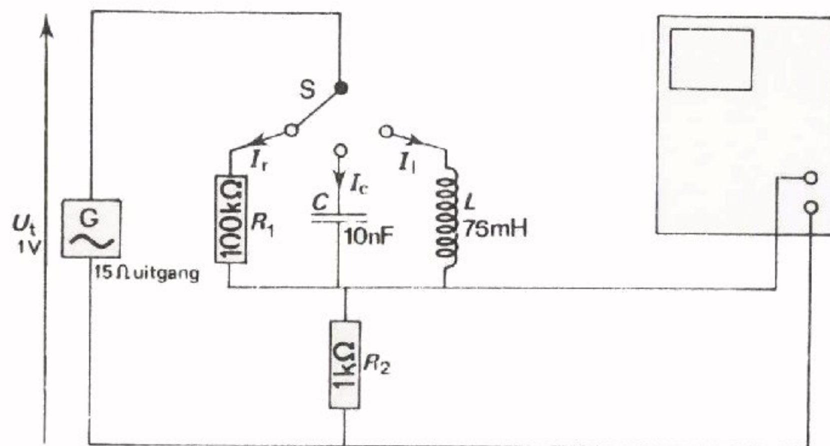
A 62 HERHALING 7C

In deze herhalingsles gaan we een reeks metingen verrichten. We zullen stromen en spanningen meten bij enkele componenten en combinaties van componenten. We zullen dit doen bij variërende frequenties.
De gevonden meetresultaten gaan we in grafieken verwerken. In het voorafgaande hebben we bij herhaling gemerkt dat een grafiek in de elektronica een onmisbaar hulpmiddel is. In deze les krijgt u volop de gelegenheid ook het vlot maken en lezen van grafieken nog eens te beoefenen.
Tevens krijgt u de kans uw meetvaardigheid nog wat bij te spijkeren.

- Werk deze lessen serieus door.
- Vraag uw leraar hulp als u die nodig heeft.

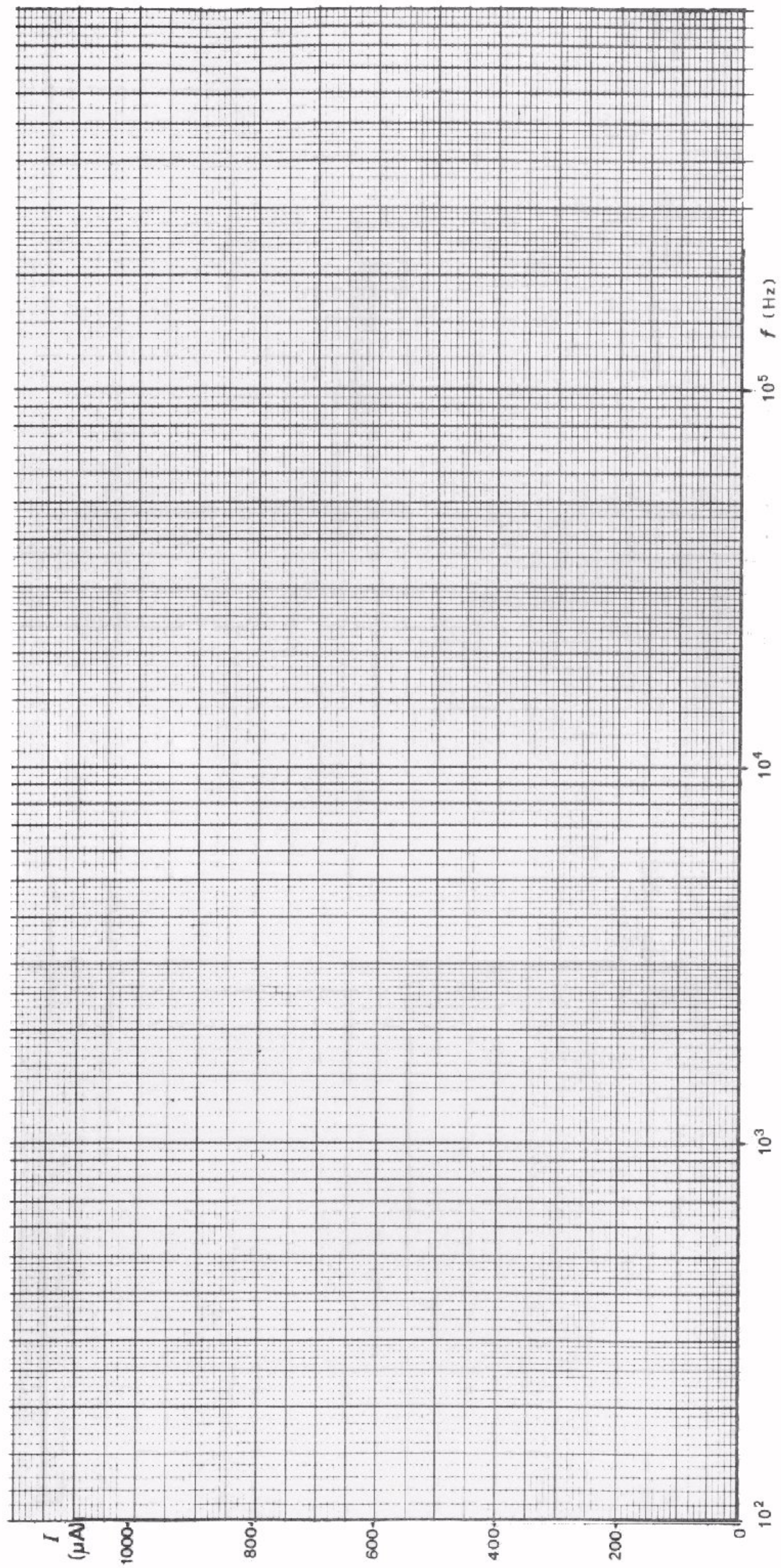
OPDRACHT: METING VAN DE STROOM BIJ VERSCHILLENDE FREQUENTIES DOOR *R*, *C*, *L*, *CL* EN *RCL*

In het volgende gaan we een vrij groot aantal metingen verrichten. De gevonden meetresultaten zetten we overzichtelijk in een tabel bij elkaar. Aan de hand van de gegevens in de tabel tekenen we tenslotte volgens de regels van de kunst een grafiek.



- Bouw deze schakeling.
- Meet achtereenvolgens:
  I_{rt}, I_{ct} en I_{lt}
  de stroom $I_{(lc)t}$ door de parallelschakeling van L en C
  de stroom $I_{(lcr)t}$ door de parallelschakeling van L, C en R_1.
- Houd bij deze metingen de ingangsspanning $\hat{u}$ constant op 1 V.
- Verricht de metingen bij de in de tabel op volgend blad genoemde frequenties.
- Vul de gemeten waarden van de stroom netjes in de tabel in.
- Zet vervolgens door middel van kleine kruisjes de gevonden meetwaarden in de grafiek op blad A62.4. Verbind deze telkens door een vloeiende lijn.

freq. (Hz)	$I_{r(t)}$ (μA) $U_{r2(t)}$ (mV)	I_{lt} (μA) $U_{r2(t)}$ (mV)	I_{ct} (μA) $U_{(r2)t}$ (mV)	$I_{(lc)t}$ (μA) $U_{(r2)t}$ (mV)	$I_{(rlc)t}$ (μA) $U_{(r2)t}$ (mV)
10^2					
2.10^2					
5.10^2					
10^3					
2.10^3					
5.10^3					
f_o					
$6\frac{1}{2}.10^3$					
10^4					
2.10^4					
5.10^4					


I
(μA)
1000
800
600
400
200
0
10^2
10^3
10^4
10^5
f (Hz)

VRAGEN NAAR AANLEIDING VAN DE GRAFIEK

Probeer aan de hand van de grafiek op het vorig blad antwoord te geven op volgende vragen.

1. Bij welke frequentie is I_{L} gelijk aan I_{C}? f =

2. Hoe groot is de resonantiefrequentie van de L-C-kring?

f_o =

3. De stroom door de weerstand is:

wel/niet recht/omgekeerd

evenredig met de frequentie.

4. De stroom door de condensator is:

wel/niet recht/omgekeerd

evenredig met de frequentie.

5. De stroom door de spoel is:

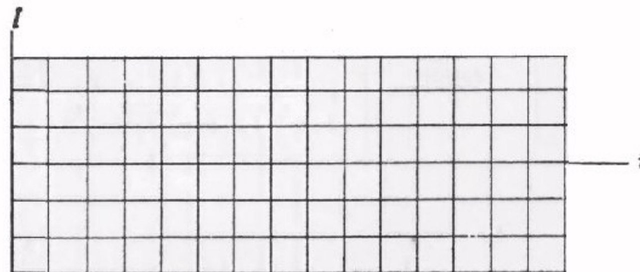
wel/niet recht/omgekeerd

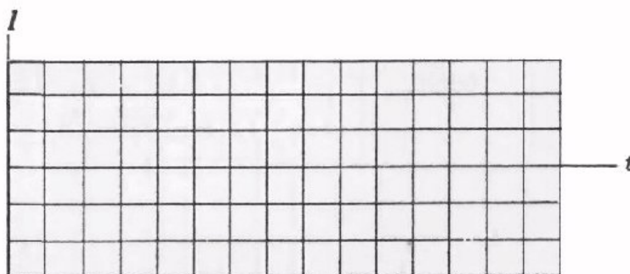
evenredig met de frequentie.

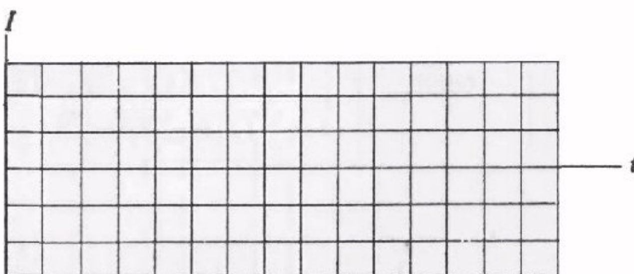
6. Wat is het verschil tussen de krommes die ontstaan uit de gegevens van de laatste twee kolommen uit de tabel?

OPDRACHT: METEN MET EEN BLOKSPANNING

- Vervang de tot nu toe gebruikte sinusspanningsgenerator door een blokspanningsgenerator.
- Stel de generator in op een uitgangsspanning U_t = 1 V bij een frequentie van 5 kHz.
- Voer de blokspanning achtereenvolgens toe aan de weerstand, de condensator en de spoel. Bekijk telkens het beeld op het scherm van de scoop.
- Schets hieronder wat u achtereenvolgens ziet.







- Tracht het verloop van deze grafiek te verklaren.

____

____

____

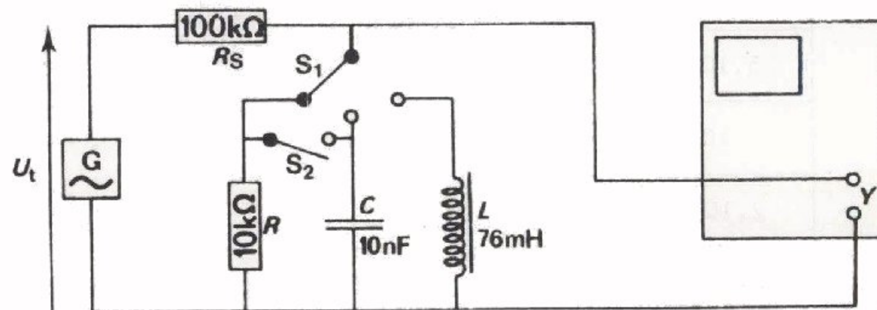
____

____

____

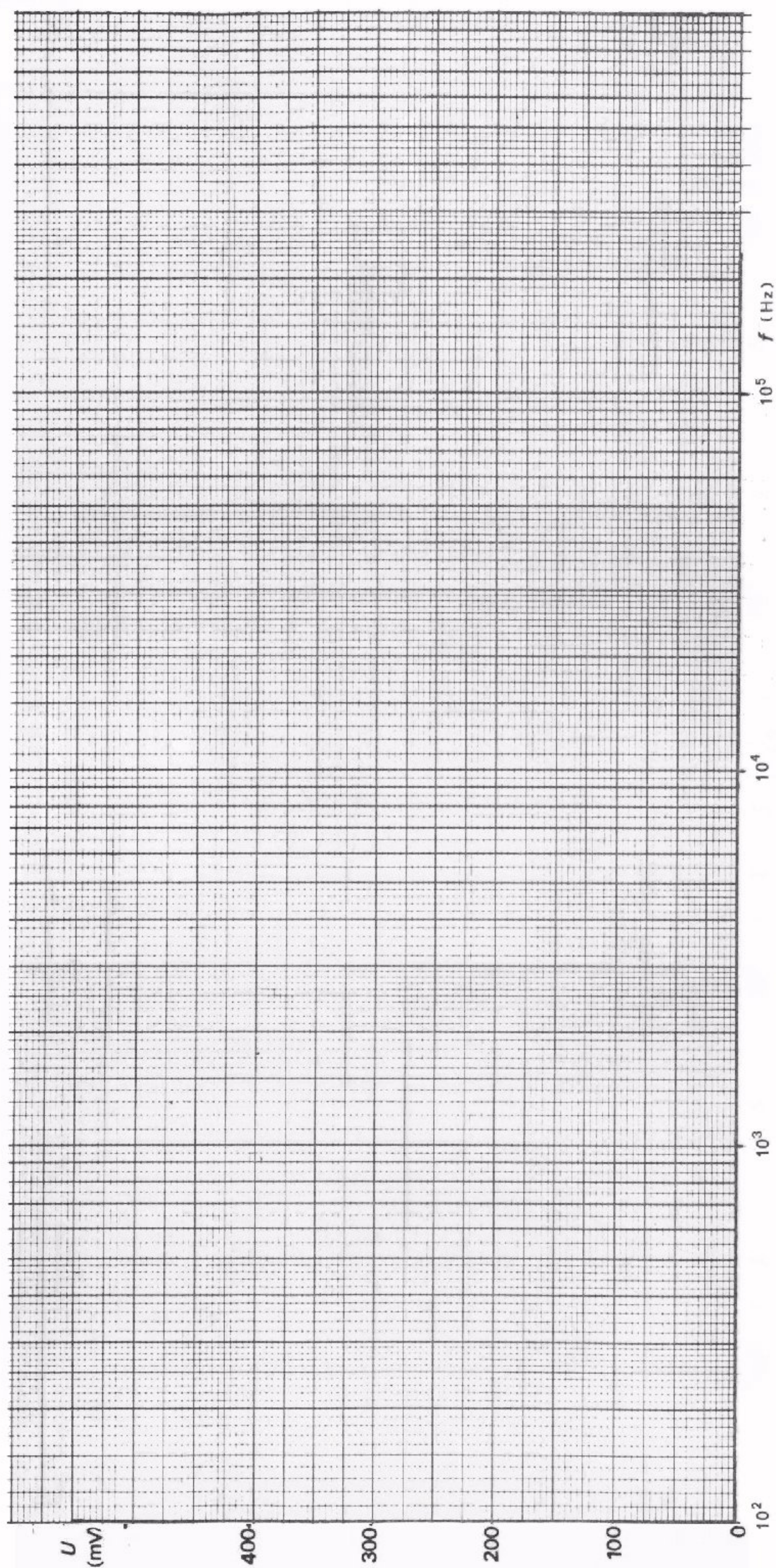
OPDRACHT: METING VAN DE SPANNING OVER *R*, *C*, *L* EN *RCL* BIJ VERSCHILLENDE FREQUENTIES

In de eerste opdracht hebben we de stroom gemeten door een aantal componenten bij verschillende frequenties. We hielden daarbij de toegevoerde spanning constant. In deze opdracht gaan we over die componenten de spanning meten, terwijl we trachten de toegevoerde stroom constant te houden. Een constante stroom kunnen we slechts bij benadering verwezenlijken. Dit doen we door telkens een grote weerstand R_s in serie met de component te schakelen. Hierdoor zal de stroom *in hoofdzaak* door de serieweerstand worden bepaald.



- Bouw deze schakeling.
- Meet achtereenvolgens:
  U_{rt}, U_{lt} en U_{ct},
  de spanning $U_{(rc)t}$ over de parallelschakeling van R en C.
- Houd bij deze metingen de ingangsspanning U_t steeds constant op 1 V.
- Verricht de metingen bij de in de tabel op volgend blad genoemde frequenties.
- Vul de gemeten waarden van de spanning netjes in de tabel in.
- Zet vervolgens door middel van kleine kruisjes de gevonden meetwaarden uit (voor elke kolom uit de tabel) in de grafiek op blad A62.9. Verbind deze telkens door een vloeiende lijn.

freq. (Hz)	U_{rt} (mV)	U_{lt} (mV)	U_{ct} (mV)	$U_{(lc)t}$ (mV)
10^2				
2.10^2				
5.10^2				
10^3				
2.10^3				
5.10^3				
$6\frac{1}{2}.10^3$				
10^4				
2.10^4				
5.10^4				


U
(mV)
400
300
200
100
0
10^2
10^3
10^4
10^5
f (Hz)

VRAGEN NAAR AANLEIDING VAN DE GRAFIEK

Probeer aan de hand van de grafiek op het vorig blad antwoord te geven op volgende vragen.

1. Voor welke frequentie is U_{lt} gelijk aan U_{ct}? f = [ ]

2. De spanning over de spoel is:

wel/niet recht/omgekeerd

evenredig met de frequentie.

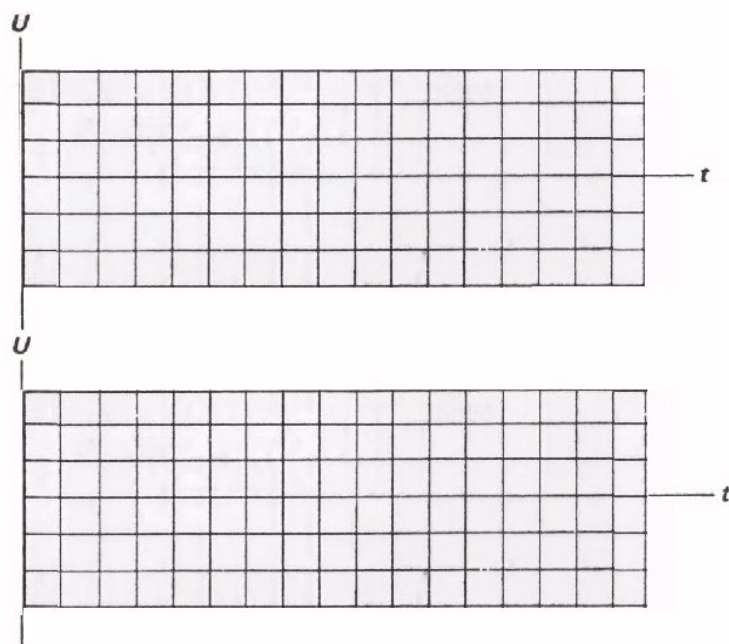
3. Voor zeer lage frequenties geldt: $U_{(Lc)t}$ = [ ]

4. Voor welke frequentie geldt $U_L = U_c$? f = [ ]

5. Voor hoge frequenties geldt: $U_{(Lc)t}$ = [ ]

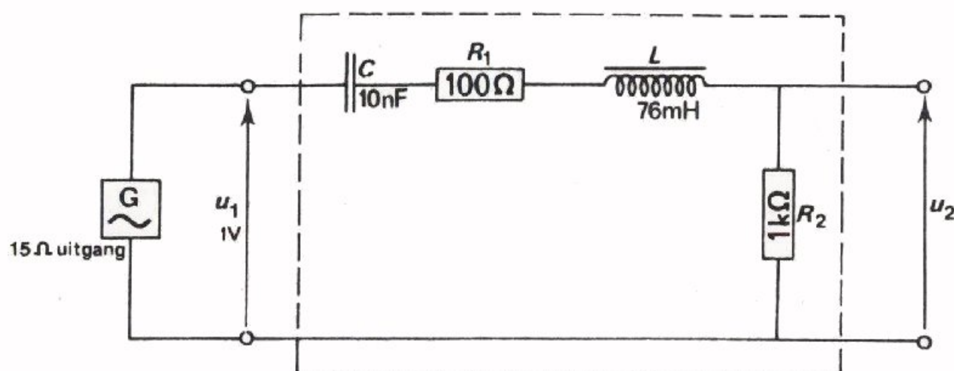
OPDRACHT: METEN MET EEN BLOKSTROOM

- Vervang de condensator van 10 nF door een van 100 nF.
- Vervang de sinusspanningsgenerator door een blokspanningsgenerator.
- Stel de uitgangsspanning van de generator in op U_t = 1 V bij een frequentie van 2 kHz.
- Schets hieronder het verloop van de spanning u_r en u_c zoals u dat op het scherm van de scoop waarneemt. (Het verloop van de spanning over de spoel bekijken we niet, omdat zich hierbij storende effecten voordoen).



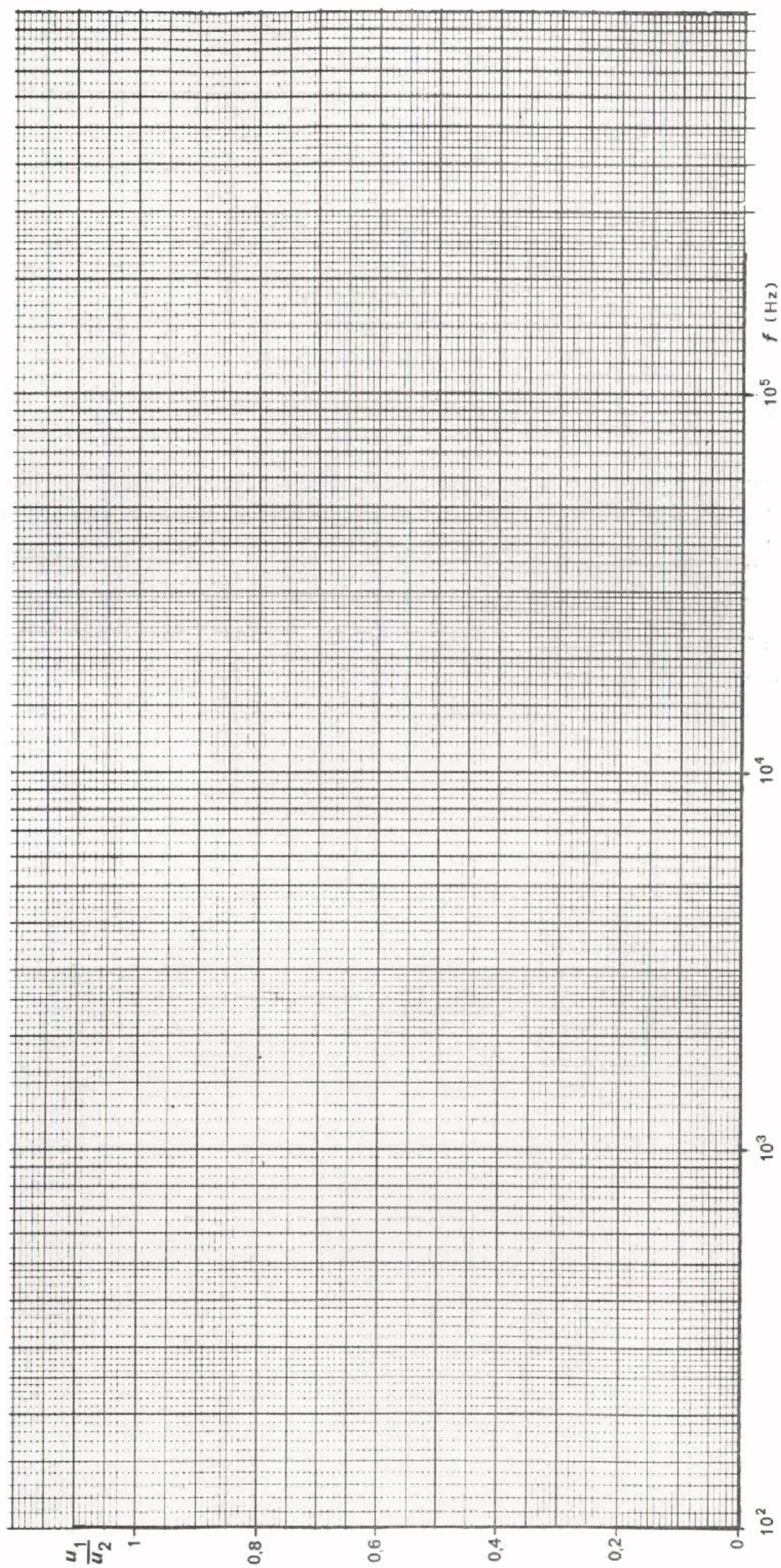
- Tracht het verloop met enkele woorden te verklaren.

OPDRACHT: HET METEN VAN DE AMPLITUDE-FREQUENTIE-KARAKTERISTIEKEN VAN FILTERS



- Bouw deze schakeling.
- Stel de sinusgenerator in op $U_{1(eff)}$ = 1 V bij een frequentie van 100 Hz.
- Sluit R en L door middel van een snoertje kort.
- Houd u_1 constant en meet bij de frequenties uit de tabel op volgend blad de uitgangsspanning u_2. Noteer uw waarnemingen in de tabel, (meting A).
- Verricht dezelfde meting met R_1 en C kortgesloten, (meting B).
- Verricht de meting ook als niets is kortgesloten, (meting C).
- Zet de waarden uit de tabel door middel van kleine kruisjes uit in de grafiek op blad A62.14. Verbind elk stel bij elkaar behorende waarden door een vloeiende lijn.
- Zet bij de gevonden filterkarakteristieken de letters A, B en C in de volgorde waarin u ze hebt gemeten.

freq. (Hz)		$\frac{u_2}{u_1}$	
	R_1 en L kortgesloten (meting A)	R_1 en C kortgesloten (meting B)	niets kortgesloten (meting C)
10^2			
2.10^2			
5.10^2			
10^3			
2.10^3			
f_o			
$6\frac{1}{2}.10^3$			
10^4			
2.10^4			
5.10^4			



$\frac{u_1}{u_2}$
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
10^2
10^3
10^4
10^5
f (Hz)

VRAGEN NAAR AANLEIDING VAN DE KARAKTERISTIEKEN

Probeer aan de hand van de grafieken op het vorig blad antwoord te geven op volgende vragen.

1. Bij meting A hebben we R en L kortgesloten. Het filter dat ontstond, is een:

   [ ] - filter.

2. Bij meting B hebben we R en C kortgesloten. Het filter dat ontstond, is een:

   [ ] -filter.

3. Bij welke frequentie geldt: $\frac{u_2}{u_1} = 0,7$

   in geval A? $f =$ [ ]

   in geval B? $f =$ [ ]

4. Bij welke frequentie snijden de karakteristieken A en B elkaar?

   $f =$ [ ]

5. Bij welke frequentie is $\frac{u_2}{u_1}$ maximaal in geval van meting C?

   $f =$ [ ]

6. Bepaal in geval C de bandbreedte B. Dit is het verschil van de twee frequenties waarbij geldt $\frac{u_2}{u_1} = 0,7$.

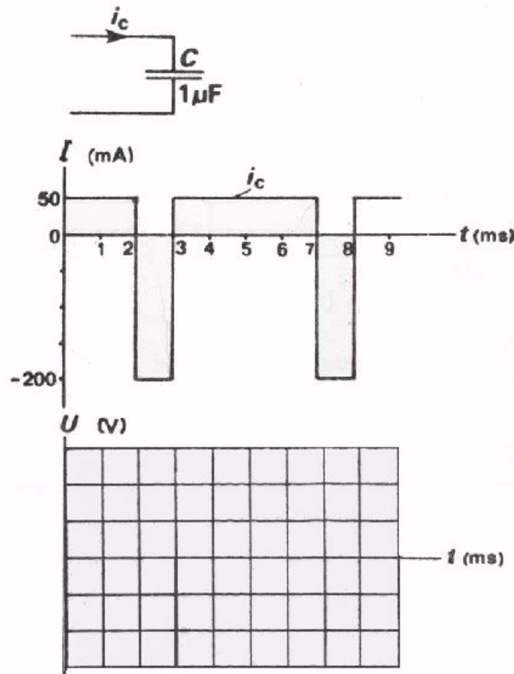
   $B =$ [ ]

TESTVRAGEN

Hier volgen een aantal vragen zoals u die bij de eindtest kunt verwachten.

- **Probeer thuis serieus deze vragen te maken.**
- **Sla de "geheugensteunen" er zonodig op na.**

1.

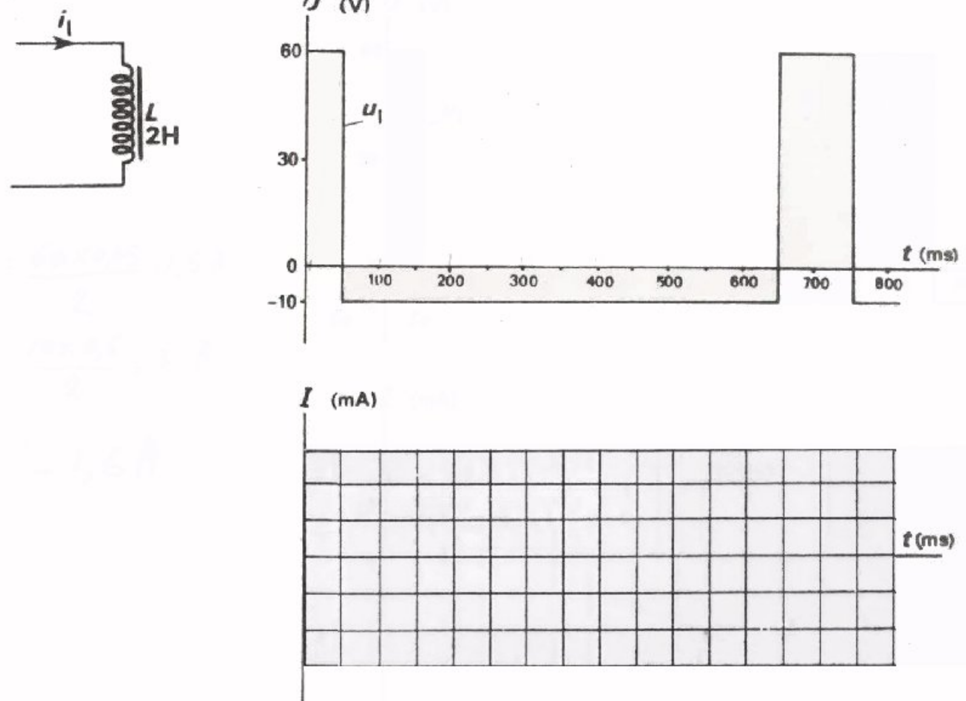


Aan de C wordt de getekende niet-symmetrische blokstroom toegevoerd.
Teken en bereken de spanning U_C over de condensator.

U_{t+} =

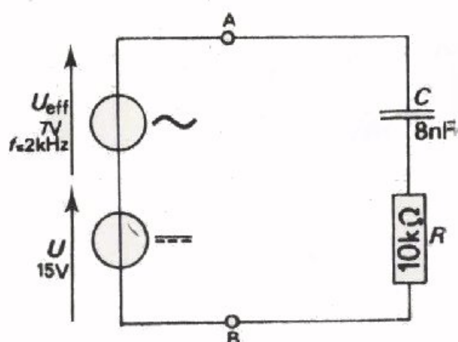
U_{t-} =

2.



Aan de verliesvrije L wordt de getekende niet-symmetrische blokspanning U toegevoerd. Teken en bereken de grafiek van de stroom i_1 die door de spoel gaat lopen.

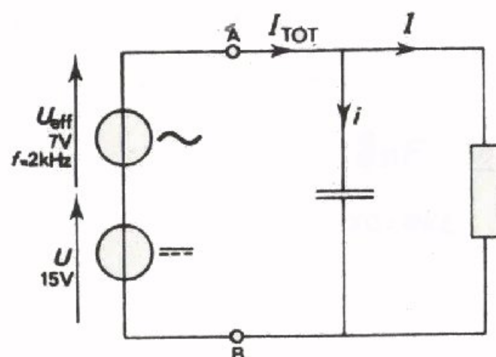
3.



Hoe groot is het vermogen dat aan de serieschakeling van C en R wordt toegevoerd?

P =

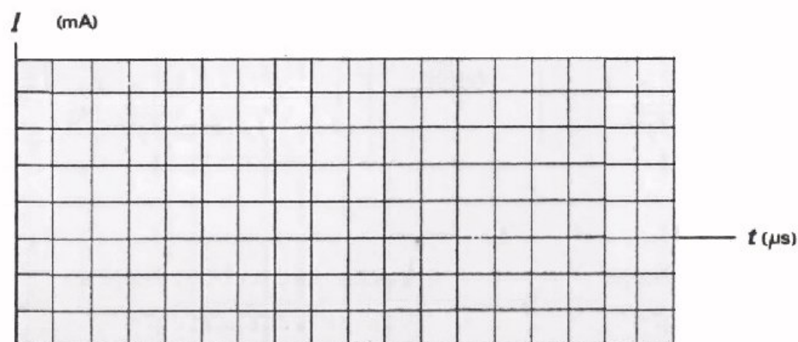
4. Als we dezelfde C en R in bovenstaande schakeling parallel schakelen tussen A en B, hoe groot is dan de wisselstroomcomponent van de totaal toegevoerde stroom?



I_{EFF} =

Hoe groot is de gelijkstroomcomponent? I =

Schets hieronder de grafiek van de in totaal toegevoerde stroom.

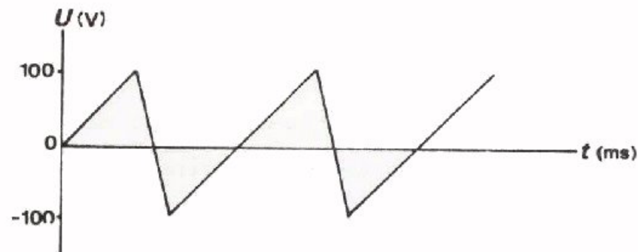


ANTWOORDEN OP TESTVRAGEN

1. $$U_{t+} = \frac{Q}{C} = \frac{I.t}{C} = \frac{(50.10^{-3}).(2.10^{-3})}{10^{-6}} = 100\ V.$$

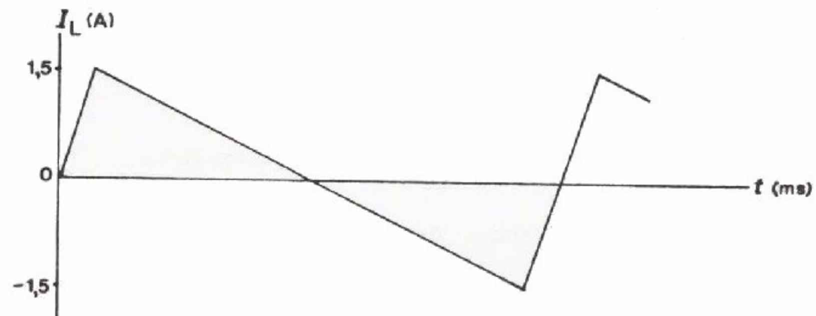
$$U_{t-} = 100 - \frac{Q}{C} = 100 - \frac{I.t}{C} = 100 - \frac{(200.10^{-3}).(1.10^{-3})}{10^{-6}}$$

$$= 100 - 200 = -100\ V$$



2. $$I_{1(t+)} = \frac{U.t}{L} = \frac{60(50.10^{-3})}{2} = \frac{3}{2} = 1{,}5\ A.$$

$$I_{1(t-)} = 1{,}5 - \frac{U.t}{L} = 1{,}5 - \frac{10(600.10^{-3})}{2} = 1{,}5 - 3 = -1{,}5\ A.$$



3. Door de C kan geen gelijkstroom lopen. Er wordt daarom alleen wisselstroom vermogen geleverd.

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi 2.10^3.8.10^{-9}} = \frac{10^6}{32\pi}\ \Omega \approx 10\ k\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \approx 14\ k\Omega$$

$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{Z} = \frac{7}{14\ 000} = \frac{1}{2.10^3}\ A.$$

$$P = I_{eff}^2.R = \frac{1}{(2.10^3)^2}\ 10^4 = \frac{10^4}{4.10^6}\ W = 2{,}5\ mW.$$

4.

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}} = \sqrt{\frac{1}{10^2} + \frac{1}{10^2}} = \sqrt{\frac{2}{10^2}} = \frac{\sqrt{2}}{10}$$

$$Z = \frac{10}{\sqrt{2}} = \frac{10 \, . \sqrt{2}}{\sqrt{2} \, . \sqrt{2}} = \frac{10 \, . \sqrt{2}}{2} = 5 \sqrt{2} = 7 \text{ k}\Omega$$

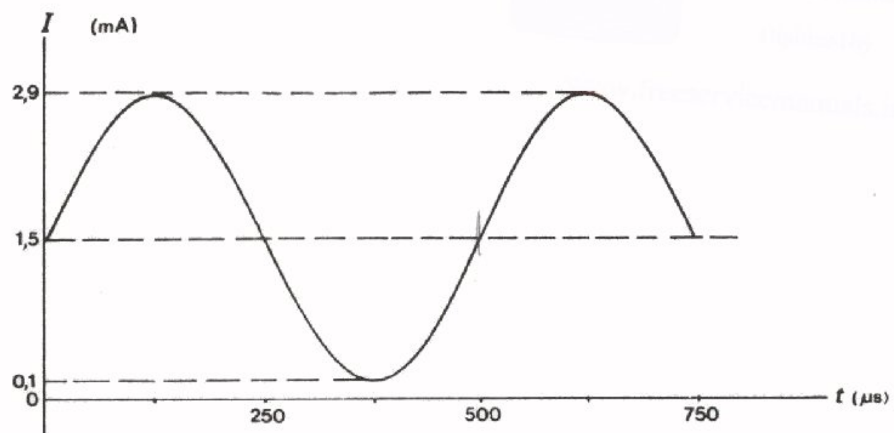
$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{Z} = \frac{7}{7.10^3} \text{A} = 1 \text{ mA}$$

Er kan alleen maar gelijkstroom door de R lopen, zodat:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{15}{10.10^3} \text{ A} = 1{,}5 \text{ mA.}$$

Verder is $I_t = I_{eff} \, . \sqrt{2} = 1{,}4$ mA.

(I_{tot} is nodig om de grafiek te kunnen tekenen)



A62.20

A 63 HERHALING 7D

In deze laatste herhalingsles vatten we eerst nog eens kort samen wat we over de transformator hebben geleerd. Daarna volgt een aantal vragen zoals u die ook op de eindtest kunt verwachten. U kunt dan zelf ervaren waar uw zwakke punten zitten. Thuis kunt u daar tenslotte nog wat aan doen, zodat u de eindtest met een gerust hart tegemoet kunt zien.

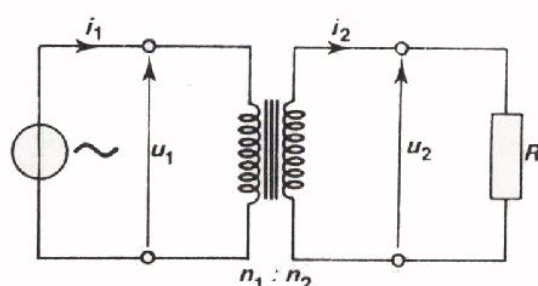
Als u tijdens deze les dingen tegenkomt die u niet begrijpt, vraag dan uw leraar om nadere informatie. Het is uw laatste kans.

Bij de eindtest moet u aan de hand van een tweetal meetopdrachten bewijzen dat u over voldoende meetvaardigheid beschikt. In deze les gaan we dit beoefenen, zodat u weet waar u aan toe bent.

INDUCTIE EN DE TRANSFORMATOR

Uit de transformatorles is het verschijnsel van de inductie nog wel bekend. Voor alle zekerheid zullen we uw geheugen even opfrissen.

- Wordt een spoel gekoppeld met een veranderend magnetisch veld, dan wordt in die spoel een spanning opgewekt.
- De opgewekte spanning is afhankelijk van de sterkte van het magnetisch veld, van de snelheid waarmee het magnetisch veld verandert en van het aantal windingen van de spoel.
- Een veranderend magnetisch veld kan ontstaan door een wisselstroom.
- Een wisselstroom, lopend door een rechte draad, veroorzaakt een magnetisch veld om de draad. Een wisselstroom, lopend door een spoel, veroorzaakt een magnetisch wisselveld dat met de spoelwindingen is gekoppeld.
- Worden twee spoelen op een weekijzeren kern gewikkeld, dan veroorzaakt een wisselstroom door de ene spoel een vernaderend magnetisch veld dat met beide spoelen is gekoppeld. Hierdoor wordt er in de andere spoel een inductiespanning opgewekt. We hebben dan een transformator gekregen.
- Een transformator heeft de volgende eigenschappen:



$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

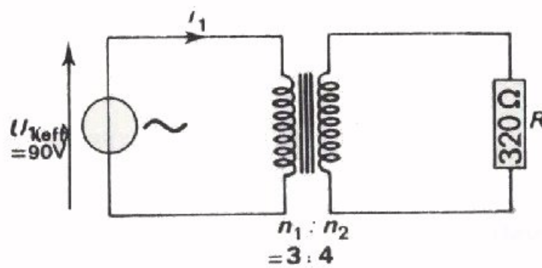
$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Uit $P_{ing} = P_{uitg}$ volgt:

$$R_{ing} = \frac{u_1}{i_1} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R$$

TEST UZELF

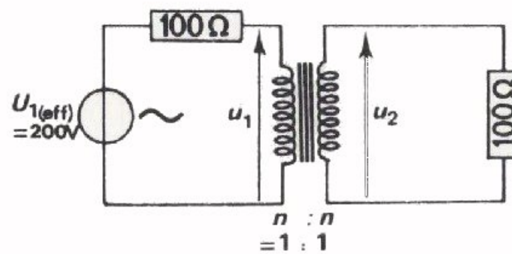
1.



Bereken I_1(eff)

I_1(eff) = [A]

2.

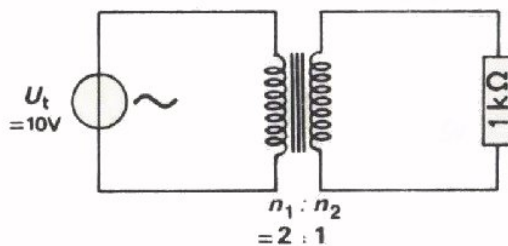


Hoe groot zijn U_1(eff) en U_2(eff)?

U_1(eff) = [V]

U_2(eff) = [V]

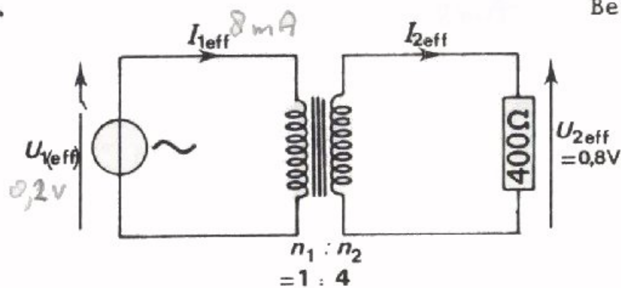
3.



Het geleverde vermogen bedraagt:

P = [mW]

4.



Bereken:

I_2(eff) = [mA]

U_1(eff) = [mV]

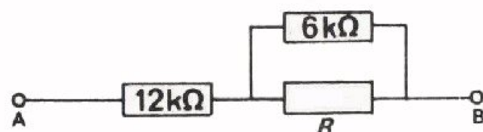
I_1(eff) = [mA]

P = [mW]

TESTVRAGEN

Hier volgen een aantal testvragen zoals u die bij de eindtest kunt verwachten. Probeer deze zelfstandig te maken. Bespreek eventuele moeilijkheden met uw leraar.

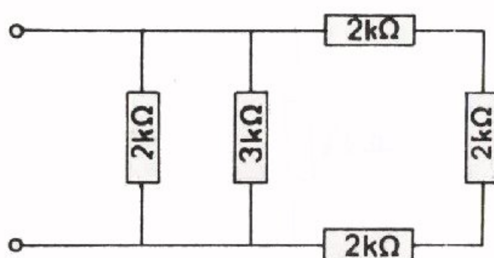
1\.



De weerstand tussen de klemmen A en B bedraagt 15 kΩ. Hoe groot is *R*?

R = [ ]

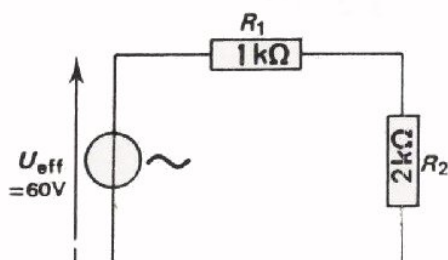
2\.



De vervangingsweerstand van deze schakeling is:

R = [ ]

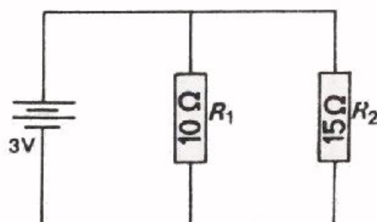
3\.



Het door de spanningsbron aan R_2 geleverde vermogen bedraagt:

- 360 mW O
- 400 mW O
- 800 mW O
- 1200 mW O

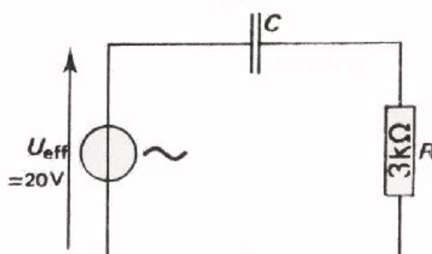
4\.



Hoe groot zijn de vermogens P_1 in R_1 en P_2 in R_2?

- P_1 = 0,9 W en P_2 = 1,2 W O
- P_1 = 0,6 W en P_2 = 0,9 W O
- P_1 = 0,9 W en P_2 = 0,6 W O
- P_1 = 1,2 W en P_2 = 0,9 W O

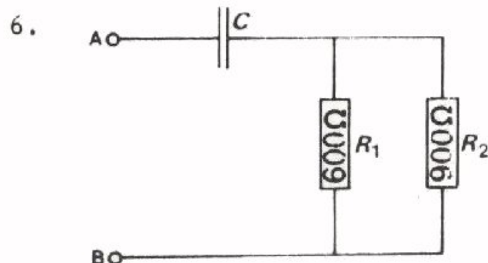
5\.



De frequentie is hier zo gekozen dat X_C = 4 kΩ. De generator levert een vermogen:

P = [ ] mW

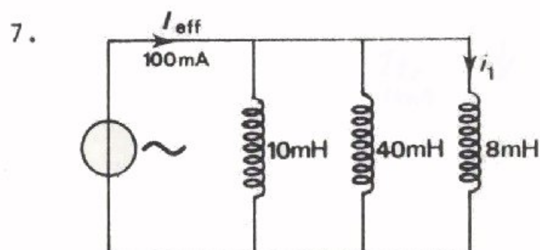
6.



De frequentie is zo gekozen, dat X_C = 480 Ω. De impedantie tussen de punten A en B bedraagt:

Z = [ ] Ω

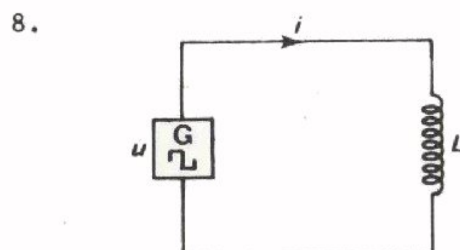
7.



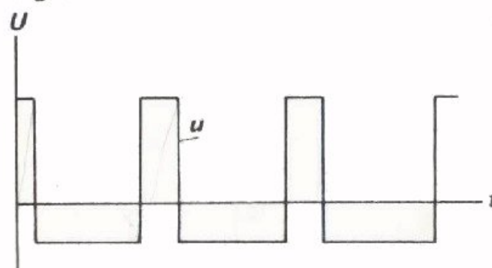
Hoe groot is de stroom I_1(eff)?

I_1(eff) = [ ]

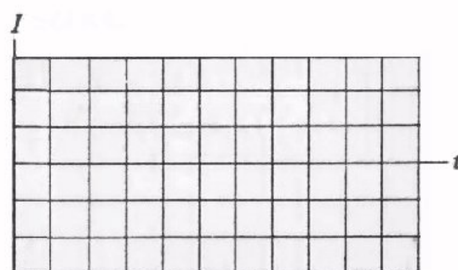
8.



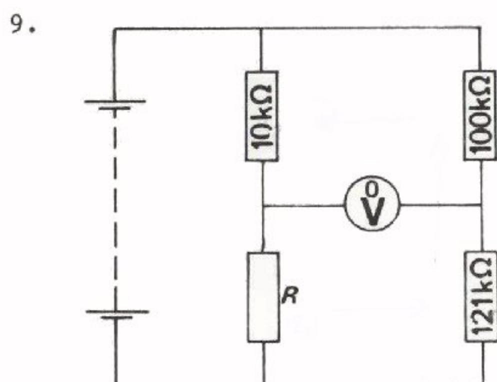
De spoel in deze schakeling is verliesvrij. De spanning verloopt als volgt:



Schets hieronder het verloop van de stroom:



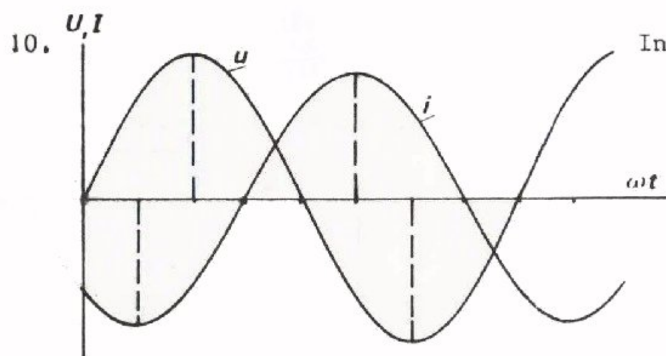
9.



Deze brug is in evenwicht. Hoe groot is *R*?

R = 1,21 MΩ	O
12,1 kΩ	O
8,35 kΩ	O
andere waarde	O

10.



In dit geval ijlt u

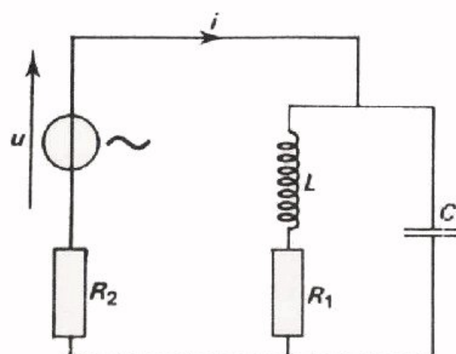
135^0 voor op i O

45^0 na op i O

45^0 voor op i O

135^0 na op i O

11.



In deze schakeling:

L = 8 mH O

C = 18 nF O

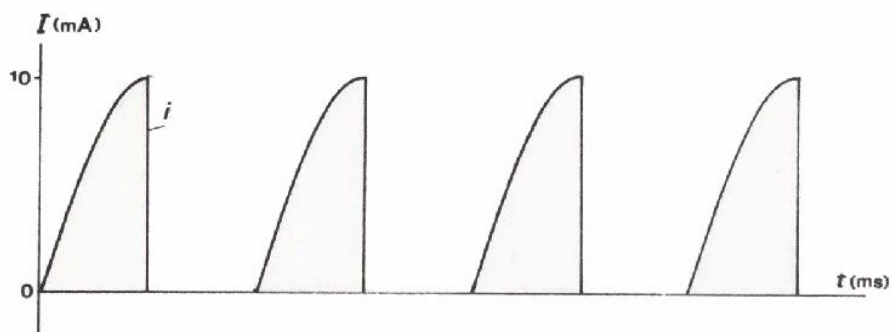
R_1 = 10 Ω O

R_2 = 100 kΩ O

Bij welke frequentie is de stroom i minimaal?

$f \approx$ [ ] kHz

12.



De gebogen lijnen in deze grafiek zijn gedeelten van een sinuslijn. De gemiddelde waarde van deze stroom I_{GEM} =

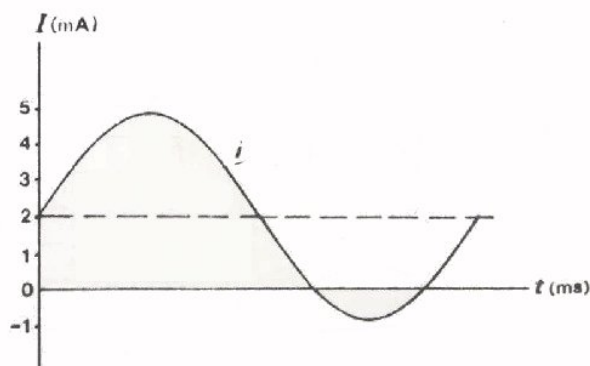
$\frac{5}{\pi}$ mA O

$\frac{10}{\pi}$ mA O

$\frac{20}{\pi}$ mA O

andere waarde O

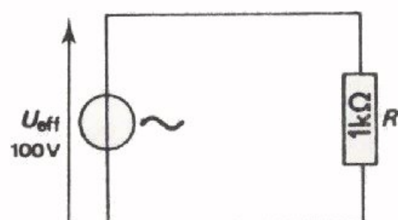
13.



De effectieve waarde van deze stroom ligt tussen:

3,5 en 5	mA	O
2 en 3,5	mA	O
1 en 2	mA	O
0 en 1	mA	O

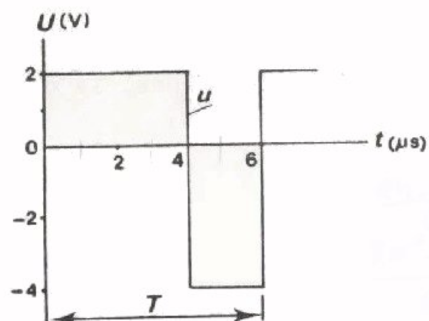
14.



In deze weerstand wordt in één uur een hoeveelheid warmte ontwikkeld van:

[ ] cal

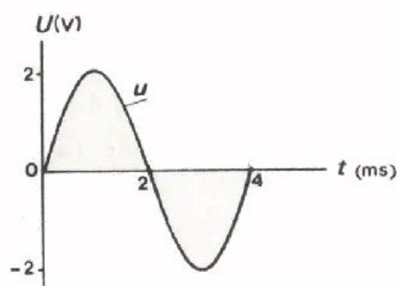
15.



De gelijkspanningscomponent van deze spanning bedraagt:

-3 V	O
-2 V	O
-1 V	O
0 V	O

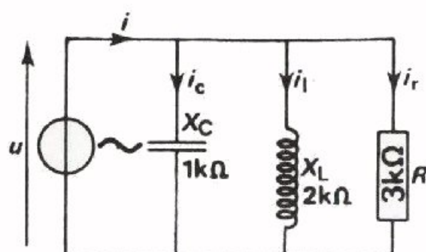
16.



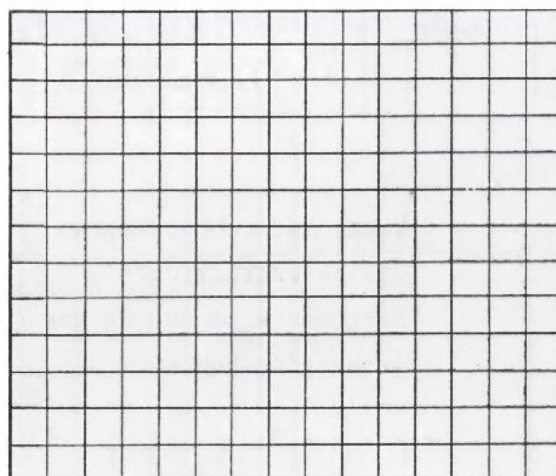
De hoekfrequentie ω van deze wisselspanning bedraagt ongeveer:

[ ] rad/s

17.



Teken hieronder het vectordiagram van deze schakeling in juiste verhoudingen.



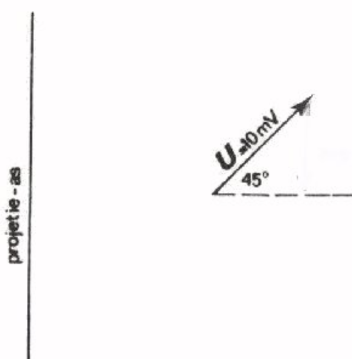
18. Welke van volgende beweringen is *on*juist?

12 nF =	12.10^{-3} pF	O
10 MΩ =	10^{7} Ω	O
6 µA =	6.10^{-3} mA	O
3 k 3 =	3300 Ω	O

19. Een ideale spoel met een zelfinductie van 2 H is aangesloten op een spanning van 20 V - 100 Hz. De stroom door deze spoel is ongeveer:

6 mA	O
16 mA	O
100 mA	O
600 mA	O

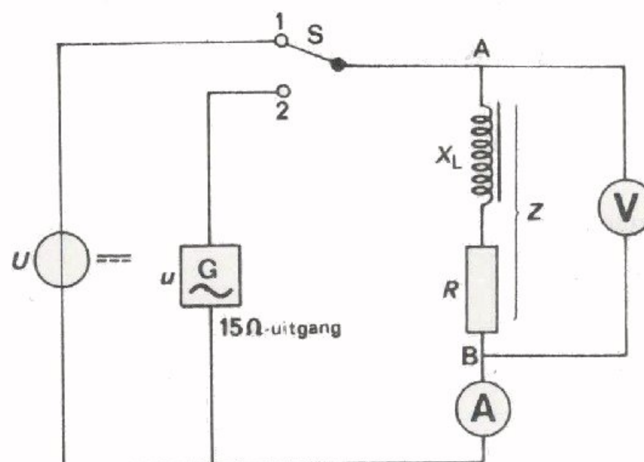
20.



Dit is de vectorvoorstelling van een sinusvormige wisselspanning.
Hoe groot is de momentele waarde een halve periode later?

$-10\sqrt{2}$ mV	O
$-5\sqrt{2}$ mV	O
$+5\sqrt{2}$ mV	O
$+10\sqrt{2}$ mV	O

HERHALINGSOPDRACHT I



Op het paneel treft u de schakeling aan volgens bovenstaand schema. De waarde van de spoel en de weerstand is onbekend. Voer volgende meetopdrachten zelfstandig uit en vul de gevonden waarden in de daarvoor bestemde hokjes in. Totaal heeft u ongeveer 15 minuten ter beschikking.

1. Meet de gelijkstroomweerstand van de schakeling tussen A en B. Maak de spanning U niet groter dan 6 V.

   R = [Ω]

2. Meet de impedantie tussen A en B bij een frequentie van 500 Hz. Maak U_{eff} niet groter dan 6 V.

   Z = [Ω]

3. Meet de reactantie van de spoel *alleen* bij een frequentie van 500 Hz. Maak U_{eff} niet groter dan 6 V.

   X_L = [Ω]

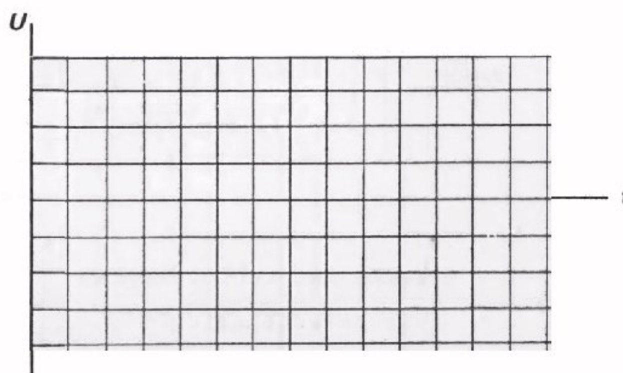
4. Bereken de zelfinductie L.

   L = [mH]

HERHALINGSOPDRACHT II

U heeft een oscilloscoop ter beschikking. Van uw leraar krijgt u een onbekende spanning aangeboden. Totaal krijgt u ongeveer 15 minuten de tijd om volgende metingen zelfstandig uit te voeren. Vul de gevonden waarden in de daarvoor bestemde hokjes in.

1. Maak de onbekende spanning zichtbaar op het scherm en schets hieronder wat u ziet.



2. Dit is een:

	zuivere gelijkspanning	O
	pulserende gelijkspanning	O
	zuivere wisselspanning	O
	onzuivere wisselspanning	O

3. Hoe groot is de grootste en de kleinste waarde van de spanning op het scherm?

4. Bepaal de gelijkspanningscomponent.

U_{GEM} =

5. Bepaal de frequentie van de wisselspanningscomponent.

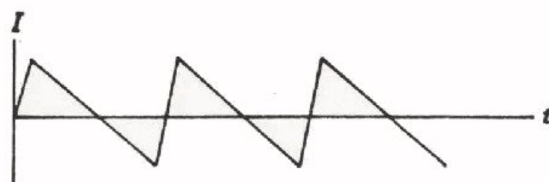
f =

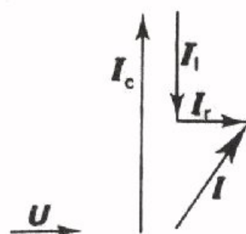
TEST-ANTWOORDEN

A63 - 3

1. i_1 = 0,5 A
2. u_1 = 100 V; u_2 = 100 V
3. P = 12,5 mW
4. $I_{2_{eff}}$ = 2 mA; $U_{1_{eff}}$ = 200 mV; $I_{1_{eff}}$ = 8 mA; P = 1,6 mW

A63 - 4 t/m 9

1. R = 6 kΩ
2. R = 1 kΩ
3. 3
4. 3
5. P = 48 mW
6. Z = 600 Ω
7. i_1 = 50 mA
8. 

9. 2
10. 1
11. f = 13,25 kHz
12. 2
13. 2
14. 8640 cal
15. 4
16. 1570 rad/s
17. 

$i_C : i_L : i_R = 6 : 3 : 2$
18. 1
19. 2
20. 2